

NOSITEL  
VYZNAMENÁNÍ  
ZA BRANNOU  
VÝCHOVU  
I. A II. STUPNĚ



**ŘADA B PRO KONSTRUKTÉRY**

**ČASOPIS PRO ELEKTRONIKU  
A AMATÉRSKÉ VYSÍLÁNÍ**  
ROČNÍK XXXIV/1985 • • ČÍSLO 1

**V TOMTO SEŠITĚ**

Svazarm a politicko-výchovná práce ..... 1

**MĚŘICÍ PŘÍSTROJE A MĚŘENÍ**  
(dokončení z AR B6/84)

2.9 Několik poznámek k zapojování OZ ..... 4

**3. Amatérská konstrukce a výroba měřicích přístrojů** ..... 6

3.1 Shromažďování a evidence podkladů ..... 6

3.2 Volba zapojení a experimentální ověření ..... 7

3.3 Návrh konstrukčního řešení ..... 9

3.4 Zhotovování mechanických dílů a desek s plošnými spoji ..... 13

**4. Skladebná řada přístrojových skříní** ..... 14

Poznámky k použití a montáži ..... 16

**5. Přístroje ve skříních podle kap. 4** ..... 17

5.1 Měří kapacity a indukčnosti ..... 17

Základní technické údaje ..... 17

Princip zapojení ..... 17

Popis činnosti ..... 17

Konstrukční provedení ..... 19

Nastavení ..... 23

5.2. Stabilizovaný zdroj ..... 25

Základní technické údaje ..... 25

Popis zapojení ..... 25

Stavba přístroje ..... 29

Nastavení ..... 29

5.3 Číslicový panelový voltmetr ..... 31

**Měřicí přístroje pro školní výuku a zájmové technickou činnost** ..... 33

**AMATÉRSKÉ RADIO ŘADA B**

Vydává ÚV Svazarmu ve vydavatelství NAŠE VOJSKO, Vladislávova 26, 133 66 Praha 1, tel. 26 06 51-7. Šéfredaktor Ing. Jan Klábal, redaktor Luboš Kalousek, OKIFAC. Redakční radu řídí Ing. J. T. Hyam.

Redakce Jungmannova 24, 113 66 Praha 1, tel. 26 06 51-7, šéfredaktor linka 354, redaktor linka 353, sekretářka linka 355. Ročně vydá 6 čísel. Cena výtisku 5 Kčs, pololetní předplatné 15 Kčs. Rozšířuje PNS, v jednotkách ozbrojených sil vydavatelství NAŠE VOJSKO, administrace Vladislavova 26, Praha 1. Objednávky přijímá každá pošta i doručovatel. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS, ústřední expedice a dovoz tisku, závod 01, Kaňkova 9, 160 00 Praha 6. Tiskne NAŠE VOJSKO, n. p., závod 08, 160 05 Praha 6, Vlastina ulice č. 889/23.

Za původnost a správnost příspěvku odpovídá autor. Návštěvy v redakci a telefonické dotazy pouze po 14. hodině. Číslo indexu 46 044.

Toto číslo má výjde podle plánu 5. 2. 1985.

© Vydavatelství NAŠE VOJSKO

**SVAZARM A POLITICKOVÝCHOVNÁ PRÁCE**

Plnění náročných úkolů Svazu pro spolupráci s armádou závisí, mimo jiné, i na politické vyspělosti a uvědomělosti jeho členů. Významnou úlohu plní v tomto směru politickovýchovná práce, která je ve Svazarmu rozvíjena jako cílevědomá, soustavná a účinná politická práce, jejímž předpokladem je jednotu ideově výchovné a organizátorské činnosti, uskutečňované prostřednictvím politické agitace, branné propagandy, životem ve svazarmovských organizacích a veškerou svazarmovskou činností.

Cílem politickovýchovné práce je:

- výchova členů Svazarmu, zejména mládeže, v třídě uvědomělé a politicky vyspělé, přesvědčené budovatele a obránce socialistické vlasti - socialistické vlastence a internacionály.
- posilovat jednotu politické a odborné činnosti, dosahovat užšího sepeření individuálních a skupinových zájmů členů Svazarmu s celospolečenskými zájmy
- upevňovat vědomí odpovědnosti za efektivní využívání materiálních a finančních prostředků, za správný vztah ke společnému majetku a svěřeným hodnotám, více působit na dodržování socialistické zákonnosti, prohlubování znalostí právních norem a na jejich uskutečňování
- vytvářet u všech občanů vědomí, že obrana socialistické vlasti je záležitostí všeho lidu a její spolehlivost závisí především na morálně politických kvalitách každého jednotlivce
- propagovat výsledky práce naší organizace a seznamovat veřejnost s branným posláním Svazu pro spolupráci s armádou.

Politickovýchovná práce v základních organizacích Svazarmu, klubech, kroužcích a sportovních družstvech zabezpečuje jednotu ideově politické, pracovní, mravní, technické, odborné a branné přípravy. Využívá zájmu, dobrovolnosti a aktivity, s jakou mládež i dospělí přistupují k různým zájmovým branným činnostem a vede je k realizaci celospolečenských potřeb.

Seznamuje členy organizace s posláním a úkoly Svazarmu ve společnosti a získává je pro jejich plnění. Provádí mezi členy Svazarmu a občany brannou propagandu a agitaci, popularizuje poslání a úkoly ČSLA. V úzké součinnosti s ostatními společenskými organizacemi se podílí na masové politické práci a na plnění volebních programů Národní fronty.

Napomáhá rozvoji politických a branných vlastností členů Svazarmu, působí na formování morálních a volných vlastností. Rozvíjí jejich socialistický způsob života, soudružské vztahy a kolektivnost, učí je spolupráci, obětavosti a společenské odpovědnosti, vede je k čestnosti a cílevědomosti v jednání.

Politickovýchovná práce s mládeží se podílí na jejím formování v generaci, pro kterou se socialismus stává smyslem života a obrana socialistické vlasti všechny cti a uvědomělé občanské povinnosti. Upevňuje u mládeže pozitivní citový vztah ke Komunistické straně Československa, třídní chápání jevů a událostí a vychovává ji k socialistickému vztahu k práci a k vlastnosti, které charakterizují socialistického člověka, budovatele a obránce vlasti.

Základní kritéria hodnocení účinnosti politickovýchovné práce je třeba považovat:

- stupeň osvojení si branného obsahu vědeckého světového názoru, způsob

- myšlení a jednání, postoj k socialistickému zřízení a internacionální cíti
- vztah ke Komunistické straně Československa, přesvědčení o správnosti její vnitřní, zahraniční a vojenské politiky i úkolů, které z ní vyplývají pro Svazarm, aktivní přístup k jejich realizaci, socialistický vztah k práci a společenskému vlastnictví
- úroveň politické bdělosti, nesmířitelnosti s buržoazní ideologií a s třídám nepřítelem
- aktivní vztah ke svazarmovské organizaci, konkrétní výsledky v branné angažovanosti, pracovní a společenské aktivity, úsilí o zvyšování kvalifikace v branné odbornosti, podíl na agitační a propagandistické činnosti
- dodržování požadavků socialistické morálky a způsobu života, jednoty slov a činů.

Svazarmovské orgány i základní organizace věnují soustavnou pozornost práci se svazarmovským tiskem a časopisy. Cílevědomě jich využívají k politickovýchovné práci, především v klubové zájmové činnosti a ve výcvikových střediscích branců. Trvale pečují o zvyšování odběru tisku i o práci s aktivem dopisovatelů. Soustavně sledují a propagují vojenský tisk. Pravidelně spolupracují s redakcemi krajských a okresních novin i s dalšími sdělovacími prostředky, včetně místního, školního a závodního rozhlasu. Systematicky využívají pořadů Čs. televize a Čs. rozhlasu s brannou tematikou. Aktivně se podílejí na propagaci branné výchovy a činnosti Svazarmu v těchto prostředcích.

Základní organizace uskutečňují politickovýchovnou práci v rámci své organizace a na veřejnosti.

Pečují o ideově politický růst svých členů, funkcionářů a branné výchovních pracovníků.

Vtiskují veškeré činnosti ideově výchovný obsah a branný charakter, usilují o účinný branný výchovný vliv na občany, zejména mládež, v okruhu své působnosti. Věnují mimořádnou pozornost politickovýchovné práci s branci.

Rozmanitými formami masové politické práce, zejména politickou agitací, organizují politickovýchovné působení na své členy a další občany. Uskutečňují branně politické školení členů, filmové a audiovizuální pořady v součinnosti s kluby elektroakustiky a videotekniky, přednášky s brannou tematikou, besedy, kvíz, večery, otázek a odpovědí. Usilují o zvyšování ideového obsahu a výchovného zaměření členských schůzí, branně masových soutěží, závodů, memoriálů a dalších akcí, jako branné dny, branné pochody, ideově branné soutěže, ukázky svazarmovské činnosti, výstavy ze života branné organizace apod. Provádějí individuální agitační práci. Využívají názorných materiálů a moderních technických prostředků (diaprojektorů, promítacích přístrojů, magnetofonů apod.).

Organizováním politickovýchovné práce se v základní organizaci zpravidla pověřuje místopředseda. Ve velkých základních organizacích se ustanoví politickovýchovnou komisi, které výboru pomáhají při politickovýchovné práci. V zájmových klubech, kroužcích a výcvikových

střediscích provádějí politickovýchovnou práci branně výchovní pracovníci, zejména cvičitelé a trenéři.

Výbor základní organizace SvaZarmu

se ve své činnosti opírá o pomoc příslušných orgánů a organizací KSČ a těsně spolupracuje se společenskými organizacemi, národními výbory a s vedoucími

závodů (škol, družstev). Podílí se na tvorbě a realizaci jednotních plánů kulturně výchovné činnosti národních výborů.

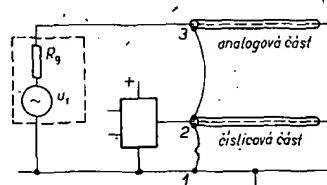
# MĚŘICÍ PŘÍSTROJE A MĚŘENÍ

Ing. Jiří Horský, CSc., ing. Petr Zeman, ing. Ladislav Škapa

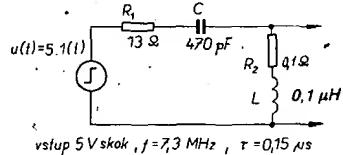
(Dokončení z AR B6/84)

10. Je třeba pečlivě prověřit, když se uzavírá dráha pro rušivý signál mezi stíněním a zemí. Obr. 139 ukazuje nevhodný způsob spojení stínění dvou systémů, analogového a číslicového, se zemí. Je-li např. na výstupu číslicového obvodu TTL skok napětí 5 V, výstupní odpor hradla 13 Ω, kapacita souosou vodiče mezi vnitřním vodičem a pláštěm 470 pF a spojení tohoto vodiče se zemí 1-2 má např. odpor 0,1 Ω a indukčnost 0,1 μH, pak v bodě 2 se překlopení hradla projeví tlumenými kmity o kmitočtu 7,3 MHz s počátečním amplitudou 5 V. Náhradní zapojení obvodu je na obr. 140.

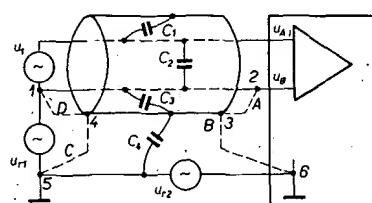
Uvedené zásady pro stínění se nesmí aplikovat mechanicky. Každý případ je třeba analyzovat a najít optimální řešení na základě pochopení vlastností a činnosti obvodu.



Obr. 139. Nevhodným spojením různých stínění může do stíněného prostoru pronikat rušivý signál



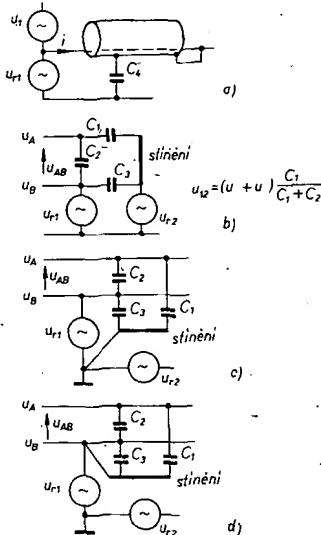
Obr. 140. Náhradní zapojení pro příklad podle obr. 139.



Obr. 141. Příklad k diskusi hledání správné možnosti připojení stínění

Příklad řešení je na obr. 141. Je na něm neuzemněný zdroj  $u_1$ , který má proti zemi rušivé napětí  $u_{1n}$  a měřicí systém s diferenčním vstupem ( $u_A$  a  $u_B$ ), spojený se zemí (např. přes síťovou šňůru při přístroji v bezpečnostní třídě I). Parazitní kapacity jsou označeny  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  a  $C_4$ . Stínění propojovacího kabelu můžeme připojit čtyřmi způsoby:  
 A - se společnou svorkou 2 na straně měřidla,  
 B - se zemní svorkou 6 na straně měřidla,  
 C - se zemní svorkou 5 na straně zdroje,  
 D - se společnou svorkou 1 na straně zdroje.

Všechny čtyři případy jsou na obr. 142.



Obr. 142. Náhradní zapojení k obr. 141

V případě A prochází rušivý proud z  $u_{1n}$  přes 1-2-3- $C_4$ -5 v úseku 1-2 společně se signálem. Varianta A je nevhodná. Při variantě B -  $u_{1n}$  a  $u_{12}$  v sérii se vytváří přes  $C_3$ ,  $C_1$  a  $C_2$  rušivé napětí  $u_{12}$ ; C - má obdobné účinky jako případ B; D - je optimální varianta.

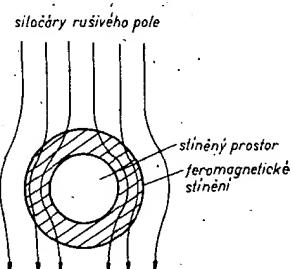
## Magnetické stínění

Stínění proti vlivu magnetických polí je podstatně obtížnější než stínění proti vlivu elektrických polí. Pláště stíněného vodiče uzemněný na jedné straně má dobrý stínící účinek proti elektrickému poli, ale malý nebo žádný proti poli magnetickému. Máme-li obvod citlivý na střídavé

Měřit vše, co je měřitelné, a co není měřitelné měřitelným učinit.

Galileo Galilei

magnetické pole (např. cívka na vstupu zesiřovače), můžeme jej odstínit od vnějšího elektromagnetického pole vložením do uzavřeného krytu, který brání vstupu rušivého pole do stíněného prostoru. Kryt může být vytvořen magnetickým vodivým materiálem nebo materiálem magneticky nevodivým, ale elektricky vodivým. Magnetický vodivý materiál působí při stejnosměrném i střídavém magnetickém poli tak, že svede siločáry magnetického pole mimo chráněný prostor (obr. 143). Mag-



Obr. 143. Feromagnetické stínění vytěsnění siločáry rušivého magnetického pole ze stíněného prostoru.

netické stínění je tím účinnější, čím větší permeabilitu má stínící materiál. Magnetický vodivý kryt nesmí být ve směru napříč siločaram přerušen, aby vzdutí mezi nimi nezmenšila účinnost stínění.

Při magnetickém poli vyšších kmitočtů je možné nahradit magnetický vodivý materiál stínění materiálem elektricky vodivým. Elektromagnetické pole vnikající do plošného vodiče indukuje v něm výřivé proudy, které svými magnetickými účinky brání vnějšímu poli vniknout do hloubky vodivého materiálu.

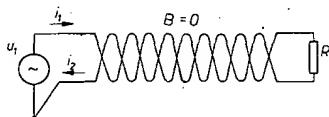
Stínící účinek vůči elektromagnetickému poli v plném materiálu charakterizuje hloubka vzniku  $\delta$ , označující vzdálenost, ve které se v příslušném materiálu zmenší původní magnetická indukce  $B$  na 37 % z indukce ve volném prostoru (viz tabulka). Závisí na elektrické vodivosti materiálu a na odmocnině kmitočtu. Čím je hloubka vzniku menší, tím tenčí plech postačí k dosažení stejných stínících účinků krytu.

Kmitočet $f$	měď	hliník	železo
100 Hz	6,6	8,5	0,66
1 kHz	2,1	2,7	0,02
10 kHz	0,66	0,84	0,08
100 kHz	0,2	0,3	0,02
1 MHz	0,08	0,08	0,008

Převážná většina rušivých magnetických polí vzniká na síťovém kmitočtu a jeho násobcích. Jak plyne z tabulky, je pro tyto kmitočty nutno používat ke stínení feromagnetické materiály pokud možno s velkou permeabilitou (nesmí však dojít k jejich nasycení vlivem silných magnetických polí, pak by ztratily své výhodné vlastnosti).

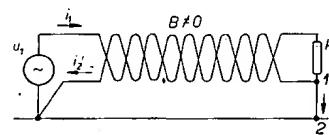
Při navrhování nového přístroje dbáme na to, aby přístroj nebyl zdrojem nežádoucího rušení a byl vůči cizím magnetickým polím nesitlivý. Proto se snažíme dodržovat následující zásady:

1. Citlivé obvody umisťujeme co nejdále od zdrojů rušivých magnetických polí (síťových transformátorů).
2. Citlivé vodiče vedeme tak, aby naindukované napětí bylo co nejmenší, tj. rovnoběžně s magnetickými siločarami.
3. Výkonové vedení k zátěži, které může být zdrojem rušivého magnetického pole, je vhodné vést zkroucenými vodiči – twist (obr. 144). Vzájemně opačný proud



Obr. 144. Správné spojení neuzemněné zátěže se zdrojem, které nevyvolává v okolí rušivé magnetické pole

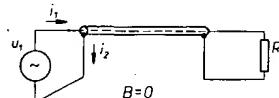
v obou vodičích a zkroucení vodičů způsobí kompenzaci magnetického pole pro každý závit. Nesmí však být vytvořena žádná jiná paralelní vodivá cesta. Ne správné provedení je na obr. 145. Spojením 1-2 vznikne nesymetrie, zemním spojením teče proud  $i_3 = i_1 - i_2$  a kompenzační účinek zkroucení vodičů se zmenší.



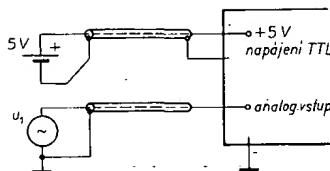
Obr. 145. Jsou-li zdroj i zátěž samostatně uzemněny, teče přes 1-2 rozdílový proud a kompenzace pole zkroucením vodičů není úplná

Spojení 1-2 nemusí být jen přímé, podobně působí např. i nesymetrie kapacity zátěže. Ke zmenšení parazitních nesymetrií se doporučuje vést zkroucené vodiče těsně podél zemní plochy a dodržovat minimální velikost plochy možných parazitních smyček.

4. Pro vedení signálů velkých úrovní je vhodné použít souosý kabel (obr. 146). V tomto případě se nejedná o stínení, jak bylo popisováno dříve, ale o kompenzaci magnetického pole, vznikajícího průchodem proudu. Příklad použití souosého vedení pro stínení a kompenzaci rušení je na obr. 147. Pro napájení logických obvodů TTL (5 V) je použit souosý kabel, připojený na obou koncích, aby bylo zabráněno vyzařování vlivem spinacích jevů. Pro citlivé obvody je užit souosý stínený vodič.



Obr. 146. Vedeme-li výkon k zátěži souosým kabelem, nevzniká vlivem procházejícího proudu žádoucí rušivé pole vně kabelu



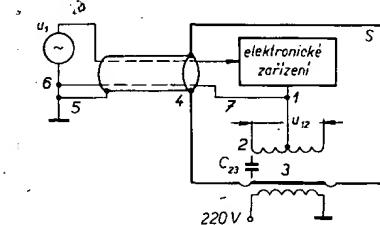
Obr. 147. Příklad připojení citlivého analogového vstupu a výkonového napájecího zdroje pro TTL mohou těci značné proudy, které by mohly být zdrojem rušení pro citlivé analogové obvody. Proto je zdroj připojen souosým kabelem, u něhož je plášt použit jako zpětný vodič. Analogový vstup je připojen souosým kabelem spojeným se zemí pouze na straně vstupu.

5. Indukované napětí je úměrné ploše smyčky a její orientaci ke zdroji rušení. Plochu smyčky omezíme co nejvíce zmenšováním rozměrů a vzdáleností použitých vodičů. Orientaci pole můžeme ovlivnit umístěním vedení a zdrojů rušení (natočením transformátorů apod.).

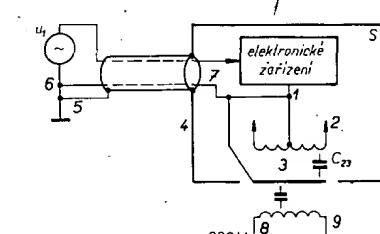
### Stínení síťových transformátorů

Převážná část elektronických zařízení je napájena síťovým napětím. Po sítí se však šíří nejen napájecí napětí, nezbytné pro provoz všech zařízení, ale i poruchy a rušivé signály. Elektronické zařízení obvykle obsahuje síťový transformátor, který má mezi primárním a sekundárním vinutím kapacitu řádu desítek až stovek pF. Tato kapacita je možným vstupem rušení do zařízení. Omezit její vliv můžeme stínením. Nejjednodušší stínení je jedna vrstva drátu nebo fólie mezi primárním a sekundárním vinutím transformátoru. Umožňuje zmenšit kapacitu mezi vinutími na méně než 10 pF.

Dále lze kapacitu zmenšit o 1 až 2 řády dokonalejším provedením stínicích krytů okolo vinutí. Pozor, stínení nesmí tvorit závit nakrátko, aby neovlivňovalo magnetické vlastnosti transformátoru, ale pouze zmenšovalo kapacitní vazbu mezi vinutími. Na obr. 148 přístroj v kovové skříni, se stínením a jádrem síťového transformátoru spojeným se skříní.

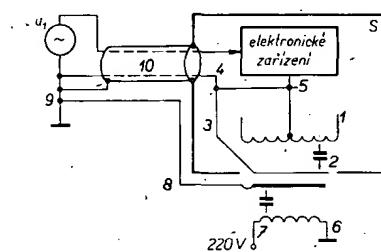


Obr. 148. Transformátor může do přístroje přenášet rušení ze sítě. Použijeme-li jedno stínení, prochází napětí ze sekundárního obvodu 1-2 přes kapacitu  $C_{23}$  do stínení a smyčka se uzavře signálovým vodičem 6-7



Obr. 149. Ani připojením stínení do bodu 1 neodstraníme průchod nežádoucího signálu signálovými vodiči

Sekundární napětí  $U_{12}$  vyvolá přes kapacitu  $C_{23}$  proud smyčkou 1-2-3-4-5-6-7-1. Rušivý proud protéká spolu se signálem vodičem 6-1, což nelze připustit. Zkusme proto stínení 3 zapojit do bodu 7, aby rušivý proud protékal pouze smyčkou 1-2-3-1 (obr. 149). V tomto případě se však projeví kapacita mezi primárním vinutím a stínením a proud protéká smyčkou 9-8-3-7-6-9 (a společně se signálem vodičem 7-6). Ani tento případ není příznivý. Optimální výsledky dává užití dvou stínení, které se užívá u citlivých přístrojů (obr. 150).

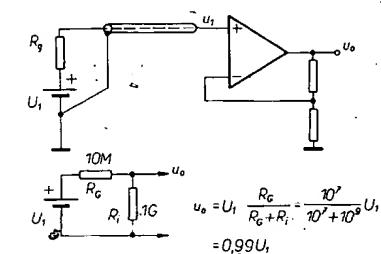


Obr. 150. Použití dvou stínení odstraní možnost pronikání parazitního rušení přes síťový transformátor

Rušivé proudy protékají smyčkami 1-2-3-4-5 a 6-7-8-9-6 mimo vodiče, kterými prochází signál.

### Ekvipotenciální stínení

Připojíme-li na stínení potenciál stejný, jako má chráněný vodič ve stíneném prostoru, napájený ze zdroje s malou impedanci, získáme cenné výhody. Zmenší se proud izolační vodivosti stínení, čehož lze využít při návrhu obvodů s velkou vstupním impedanci. Na obr. 151 je stínený obvod s velkým vstupním odpor-

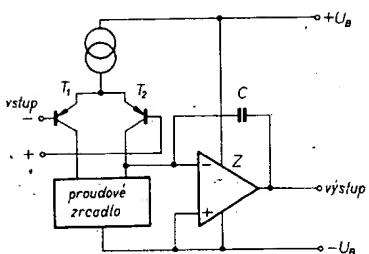


Obr. 151. Při měření na zdrojích s velkým vnitřním odporem omezují izolační odpor dosažitelný vstupní odpor, způsobují chyby a nestability měření

rem. Použijeme-li pro oddělovací zesilovač  $Z_1$  zesilovač s FET na vstupu a velkým vstupním odporem, např. MAC155, závisí celkový vstupní odpor ve značné míře na izolaci, čistotě, teplotě a vlhkosti vstupního kabelu a desky s plošnými spoji, na níž je zesilovač umístěn. Vstupní odpor obvodu se vlivem nedokonalé izolace zmenší a není stabilní. Vstupní kapacita je zvětšena o kapacitu mezi jádrem a pláštěm použitého souosého vodiče.

Podstatně jiná situace nastane, připojíme-li okolo neinvertujícího vstupu zesilovače a vstupní kabel na stejně napětí, jaké je na vstupu – obr. 152. Toto napětí je k dispozici na vývodu zpětné vazby na invertující vstup. Mezi středním vodičem a stínením kabelu v tomto případě není napětí, to znamená, že neteče proud





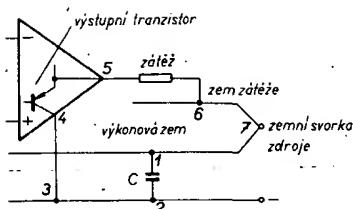
Obr. 160. Zjednodušené zapojení skutečného operačního zesilovače (řady 741)

Diferenční vstupní napětí se převádí na jednočinný signál vůči zápornému napájecímu zdroji ve vstupní části zesilovače, skládající se z diferenciální dvojice  $T_1, T_2$  (p-n-p) a proudového zrcadla (proudového opakovače). Výstupní zesilovač  $Z$  je zapojen jako integrátor; kapacita  $C$  může být součástí zesilovače (MAA741) nebo je připojována vně (MAA748). Ve skutečnosti má tento integrátor dvě vstupní svorky. Invertující, tvorená bází příslušného tranzistoru, je připojena na proudové zrcadlo, neinvertující, emitor téhož tranzistoru, je připojena přímo na přívod záporného napájecího zdroje. Změní-li se napětí záporného zdroje (např. skokem vlivem úbytku na vnitřním odporu odběrem jiného obvodu), zesilovač integrátoru přenáší tuto změnu ze své kladné vstupní svorky na výstup. Protože však celý zesilovač používáme ve zpětnovazebním zapojení, projeví se tato změna jako chybový signál a je vlivem zpětné vazby potlačena. To však platí pouze pro dostatečně pomalé změny napětí záporného napájecího zdroje. Rychlé změny, např. vlivem spínání výkonových obvodů, které nestačí zesilovač vlivem omezené rychlosti přeběhu potlačit, plně pronikají na výstup.

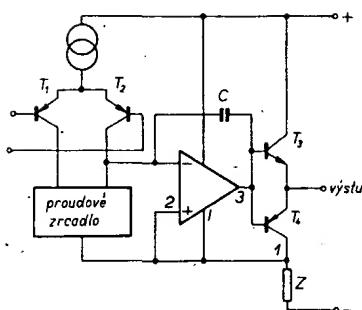
Potlačení vlivu změny napájecího napájecího zdroje se zmenšuje se zvyšujícím se kmitočtem, ale vliv malých změn napětí kladného zdroje je podstatně menší než u záporného zdroje. Tím je způsobena asymetrie v přechodové charakteristice zesilovače. Impuls kladné polarity na výstupu zesilovače znamená proudový impuls z kladného napájecího zdroje. Vlivem dobrého potlačení vlivu kladného napájecího zdroje je tvar impulsu určen vlastnostmi zesilovače a zdroj má minimální vliv na tvar výstupního impulsu. Naopak, impuls záporné polarity na výstupu zesilovače vyvolá impuls proudu ze záporného napájecího zdroje. Ten-to impuls vyvolá na vnitřní impedance záporného napájecího zdroje základ, který se přenese na výstup zesilovače.

Jestliže kladný výstupní impuls ukázal přechodové vlastnosti zesilovače, záporný výstupní impuls ukazuje nejen přechodové vlastnosti, ale současně je zkreslen vlivem poruch na napájecích svorkách záporného zdroje. Vlivem vnitřní impedance záporného napájecího zdroje je tedy přechodová charakteristika pro impulzy kladné a záporné polarity různá.

Jak se impulsní rušení ze strany záporného napájecího zdroje může projevit na záporné napájecí svorce zesilovače, závisí na tom, které zdroje rušení obsahuje smyčka uzavřená přes vodivý výstupní tranzistor p-n-p zesilovače, zátěž a blokovací kondenzátor. Blokování v zapojení na str. 161 není účinné. Ve smyčce 1-2-3-4-5-6-7 je rušivý signál z vodiče 2-3 společně s jinými obvody přenášen přímo na zápornou napájecí svorku 4. V zapojení podle obr. 162 je smyčka 1-2-3 pro všechny proudy zátěže uzavřena nejkratším možným způsobem a kondenzátor  $C$  potlačuje vliv rušení z obvodu záporného zdroje.

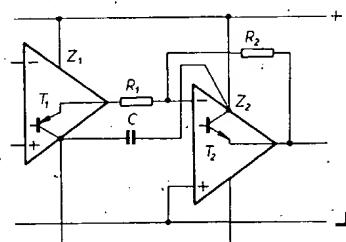


Obr. 161. Blokovací kondenzátor  $C$  v nevhodném místě není účinný

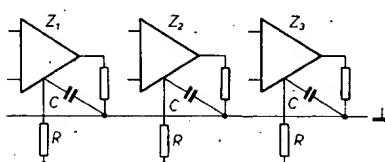


Obr. 162. Správné zapojení blokovacího kondenzátoru  $C$

Složitější případ neuzemněné zátěže je na obr. 163. Zátěží zesilovače  $Z_1$  je neuzemněný rezistor  $R_1$ . Proudu přes  $T_1$  z záporného zdroje odpovídá proud přes  $T_2$  z kladného zdroje. Kondenzátor  $C$  uzavírá nejkratší cestu mezi oběma zesilovači. Blokujeme-li několik zesilovačů ( $Z_1, Z_2, \dots$ ) tak, jako na obr. 164, vznikne z blokovacích kondenzátorů a indukčností přívodů, pokud jsou delší než několik cm, složitý obvod  $LC$ . Aby se potlačily nežádoucí parazitní rezonanční vlny v těchto obvodech, je vhodné zatlmít parazitní rezonanční rezistory  $R$  s malými odpory podle obr. 164.



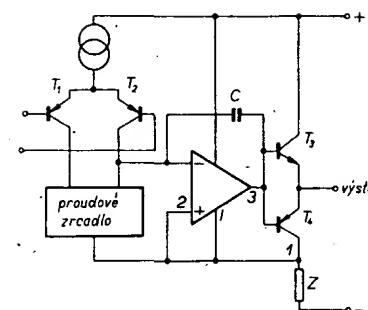
Obr. 163. Zapojení blokovacího kondenzátoru  $C$  pro neuzemněnou zátěž  $R_1$



Obr. 164. Potlačení parazitních rezonančních vln v obvodech napájení rezistory  $R$

#### Vliv blokování na kmitočtovou stabilitu zesilovače

Překreslíme-li zjednodušené zapojení operačního zesilovače podle obr. 160 a uvážme samostatně i výstupní tranzistory  $T_3$  a  $T_4$ , pak podle obr. 165 vzniká při nenulové výstupní impedance záporného napájecího zdroje parazitní zpětnovazební smyčka 1-2-3 z kolektoru výstupního tranzistoru p-n-p 1 do neinvertujícího vstupu 2 integrátoru I. Na nízkých kmitočtech vliv této parazitní zpětné vazby neohrozí stabilitu zapojení. Na vysokých kmitočtech závisí stabilita na charakteru reaktance zátěže a záporného napájecího zdroje.



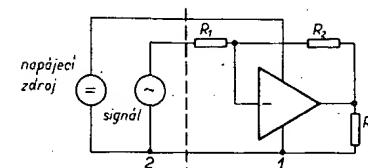
Obr. 165. Zanedbání blokování může vést k nestabilitě zesilovače

Má-li výstupní impedance  $Z$  záporného napájecího zdroje indukční charakter, může způsobit nestabilitu zesilovače. I z tohoto důvodu je třeba, aby byla napájecí svorka zdroje kvalitně blokována.

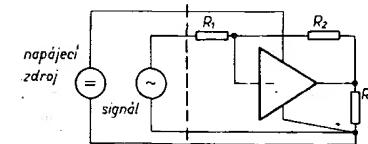
To, co jsme uvedli pro operační zesilovače řad 741, 748 a dalších pro záporný vývod zdroje, může pro některé typy zesilovačů, např. řady 108, platit i pro zdroj kladného napájecího napětí. U zesilovače řady 725 je doporučen ze vstupu vnitřního integrátoru korekční člen  $RC$  proti zemi. Tím se však podstatně zvětší citlivost obvodu na rušení ze záporného zdroje. Tuto citlivost lze omezit připojením korekčního členu místo na zem na svorku přívodu záporného napájecího napětí.

#### Zemní spoje

Společný vodič, většinou zapojení není skutečnou zemí. Úbytky na tomto vodiči způsobují nežádoucí vazby, jak bylo ukázáno v článku 2.6. Zopakujme si připojení zdroje – obr. 166 a obr. 167. Na obr. 166



Obr. 166. Nesprávné připojení napájecího zdroje



Obr. 167. Správné připojení napájecího zdroje

protéká na signálový vstupní i napájecí a výstupní obvod proud společným vodičem 1-2. Úbytky napětí na jeho vnitřním odporu se přímo sčítají se vstupním signálem. Na obr. 167 je přívod signálového a zdrojového společného potenciálu oddělen a k vzájemnému ovlivňování nedochází. Ještě lépe je vidět oddělení signálové a zdrojové země u složitějšího zapojení na obr. 168. V některých případech je možné potlačit rušivý signál mezi vstupní signálovou a výstupní zemní svorkou zesilovače tím, že rušivý signál převedeme na soufázovou složku vstupního signálu





částky, zástavbu do přístrojové skříně s uplatněním principů estetiky a ergonomie.

Při hledání obvodového řešení přístroje, který chceme realizovat, je vhodné vyhledat v literatuře několik řešení (např. s pomocí vlastních záznamů) a vzájemně je porovnat. Vyspělejší elektronici se pokusí o úpravu či vlastní návrh podle nejnovějších poznatků z literatury, vlastních konstrukčních, materiálových možností, požadavků a zkušeností. Tuto činnost považujeme za nejzajímavější a také nejdůležitější pro odborný růst elektronika – amatéra, pro rozvoj jeho teoretických znalostí a tvůrčích schopností.

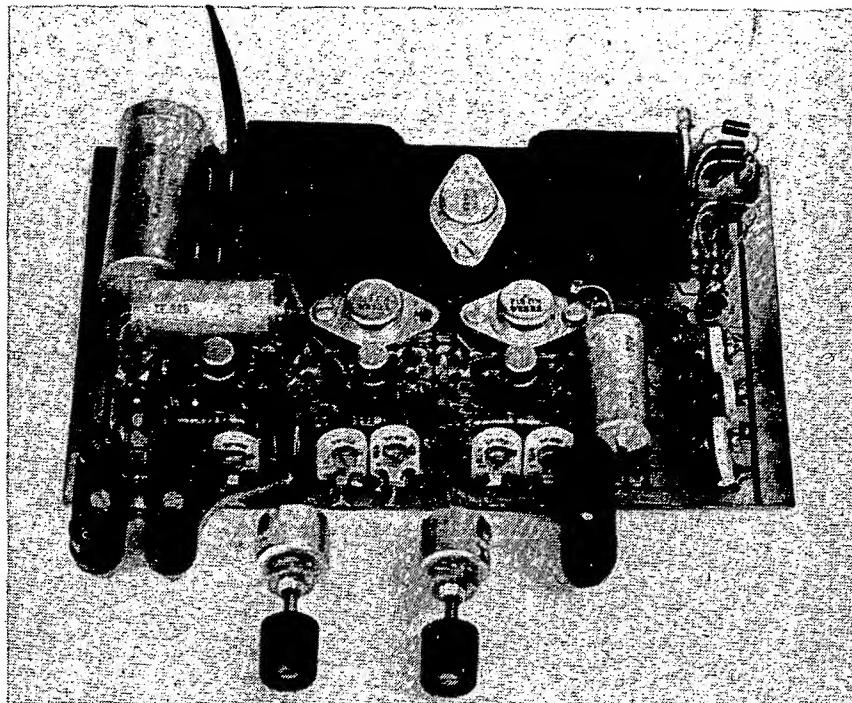
Novým prvkem v návrhu obvodů je použití výpočetní techniky, zejména programovatelných kalkulátorů a osobních počítačů. Elektronikům se díky jím stávají dostupné složité výpočty pro optimalizaci obvodů, vycházející z výpočtu amplitudových kmitočtových a přechodových charakteristik, návrhy obvodů, toleranční analýzy a další. Přehled programů uveřejněných v našem tisku přináší každoročně Ročenka sdělovací techniky.

Jedním ze základních činitelů ovlivňujících obvodové řešení je součástková základna. Její rozvoj patří k hlavním záměrům federálního ministerstva elektrotechnického průmyslu a dopad plní jeho cílů jednak v dostupném sortimentu, jednak v cenách – především polovodičových součástek – se v posledních letech zásadně projevuje i v oblasti zájmové technické činnosti. Při stavbě elektronických přístrojů dáváme přednost obvodům s perspektivními součástkami. Jsou měřítkem moderního obvodového řešení a máme i záruku jejich dostupnosti.

Při současném příznivém vývoji cen nemají dnes opodstatnění nová zapojení se zastarálymi typy diod, tranzistorů, integrovaných obvodů ani pasivních součástek a konstrukčních prvků. Výjimku tvoří ta zapojení, která jsou určena pro zužitkování vyražených a cenově velmi výhodných součástek v nenáročných aplikacích – zejména pro krátkodobá použití, pro pokusy, výuková zapojení určená k rozberání. Je samozřejmé, že při vlastní stavbě starší typy součástek, které máme k dispozici, bez obav osazujeme do obvodů na pozice, kde neovlivňují funkčnost a základní parametry přístroje. Např. ve spínacím obvodu pro svítivou diodu – s tranzistorem připojeným k výstupu obvodu TTL – můžeme použít libovolný křemíkový tranzistor předepsané vodivosti.

Pokud však navrhujeme zapojení, které má být určeno i dalším elektronikům a to platí zejména pro publikování, vycházíme nejen z katalogových údajů, ale i z ceníku součástek: Sami se velmi často setkáváme s tím, že méně zkušení elektronici shánějí obtížně zastarálou součástku nebo kupují nepřiměřeně drahé typy, předepsaný autorem jen proto, že je při ověřování zapojení právě měl „v šupliku“.

Ke kvalitnímu obvodovému řešení patří odolnost proti poškození. Správně navržený přístroj nelze poškodit při jakékoli manipulaci s ovládacími prvky, vstupy a výstupy. Přihlížíme k tomu, že takový stav může nastat při neopatrné nebo neodborné manipulaci. To znamí, že např. při libovolné kombinaci tlačítkových přepínačů se nesmí objevit v obvodech nedovolené stavy (a to ani v okamžiku přepínání), vstupní obvody musí být v definovaném rozsahu odolné proti přetížení, nesmí se poškodit výstupní obvody zkraty výstupů apod.



Obr. 173. Příklad pokusného zapojení zdroje z kap. 4 -

Připouštíme odolnost proti krátkodobému přetížení v případech, je-li nedovolený stav vhodným způsobem indikován tak, že můžeme předpokládat včasné a účinný zásah obsluhy.

Nezanedbatelnou součástí obvodového řešení je splnění bezpečnostních požadavků. V obvodech spojených se sítí je nepřípustná jakákoli improvizace. Je nutné respektovat bezpodmínečně zásady uvedené v kap. 2. Jedná se především o propojení přístroje s ochranným vodičem sítové přívodky, o jištění sítového obvodu (zařazení tavné pojistky), dimenzování součástek v sítovém obvodu (odružovací prvky), volbu prvků zajišťujících požadavky na izolaci mezi obvody pod sítovým napětím a ostatními obvody (sítové transformátory).

Kromě toho požadujeme, aby přístroj indikoval provozní a mimo provozní stav, aby se při poruše nějaké součástky neznichly i další součástky a obvody (otázka dimezování součástek, ochran a jištění). Omezujeme výskyt nebezpečných napětí. Snažíme se volit taková zapojení, u nichž je minimum obvodů galvanicky spojených se sítí, protože takové obvody vyžadují nejen řadu opatření v konstrukčním provedení, ale i nutnost ověřit je ve zkušebnách.

### Experimentální ověření

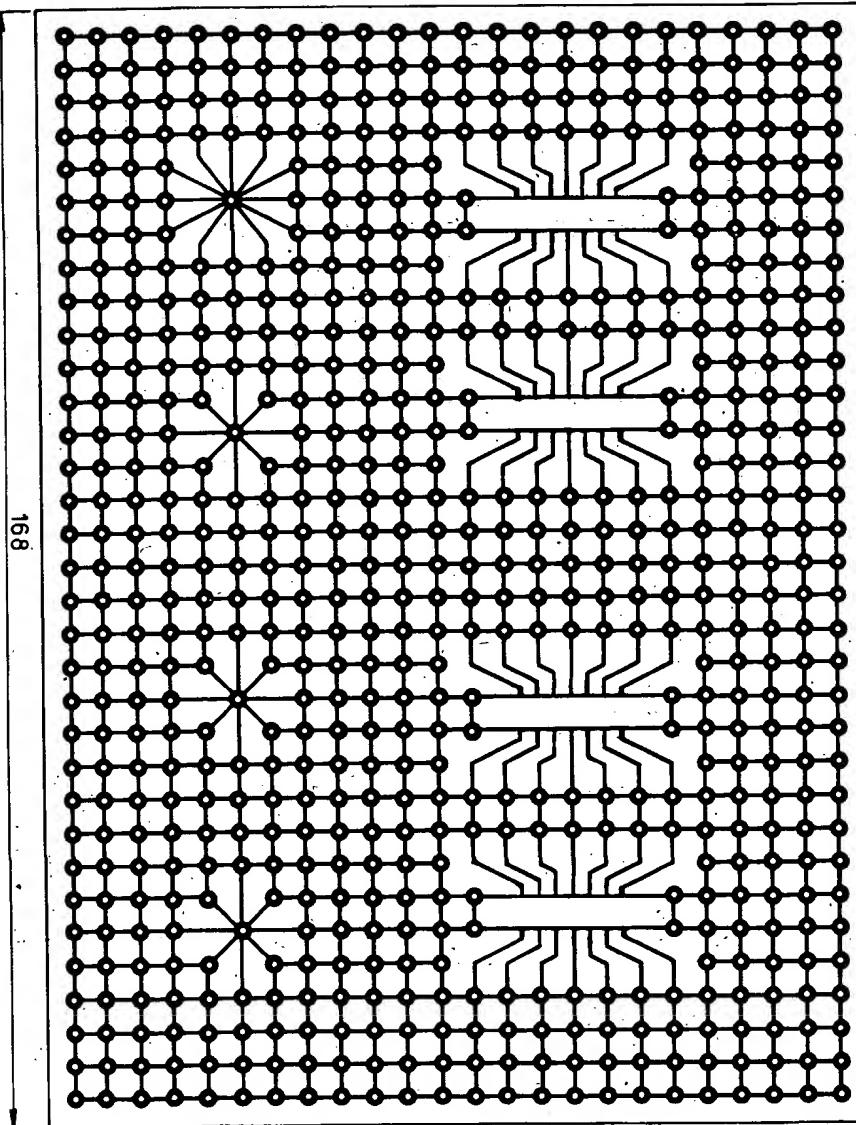
Ať již převzaté či vlastní zapojení, a to ani při hlubokých teoretických znalostech a rozsáhlém použití výpočetní techniky, není úplnou zárukou správnosti návrhu a optimálních parametrů. Proto zejména u nového vlastního řešení, u převzatého po úpravě, popř. při použití nepředepsaných součástí, celé obvody nebo jejich části experimentálně ověřujeme. Ověření má zásadní význam v dalším postupu práce. Jen jím dosáhneme toho, že složité a časově velmi náročné operace, jakými jsou celkové konstrukční řešení a návrh desek s plošnými spoji, nepřijdou nazmar a jen s minimálními úpravami přinesou úspěch při realizaci přístroje. Zapojení ověřujeme pokusným sestavením obvodů na univerzálních zkušebních deskách s plošnými spoji.

Na obr. 173 je uveden příklad pokusné konstrukce zapojení stabilizovaného zdroje, popsaného v další kapitole.

- Popišme si některé zásady ověřování:
  - Snažíme se dosáhnout přehledného, funkčně správného zapojení. Proto je užitečné nakreslit si předem rozložení a propojení součástek na zkušební desce.
  - Pro experiment potřebujeme dobrý přístup k součástkám. K tomu přispíváme mimo návrh rozložení tím, že vývody součástek podle potřeby zkracujeme. Ne však více, než bude třeba pro konečnou montáž. Na desce vyvádime měřicí body (zdírkové úchyty, z neizolovaných vodičů pro připojení krokosvorkou, plošky pro dotek měřicích hrotů aj.).
  - Plovodičové prvky umístujeme přednostně do objímek.
  - V potřebném rozsahu používáme místo součástek s neměnnými parametry (odpor, kapacitou) součástky proměnných parametrů, např. odporové a kondenzátorové trimry.

Chceme-li zhodit pouze jeden obvod (přístroj), můžeme při pečlivé montáži realizovat na zkušební desce definitivní zapojení. Univerzálních zkušebních desek byla již uveřejněna celá řada. V naší jednotné koncepci se osvědčily desky, jejichž obrazce jsou na obr. 174 a 175. Jsou určeny pro montáž prvků ze strany fólie na soustavu pájecích bodů. Pájecí plošky jsou uzpůsobeny pro vzájemné propojení přesmostěním dělicích mezer kapkou pásky. Tím omezujeme počet propojovacích vodičů.

Desku podle obr. 174 můžeme použít pro experimentální ověřování analogových, číslicových i hybridních obvodů. Má čtyři „motivy“ pro uchycení integrovaných obvodů v pouzdře DIL s maximálně 16 vývody, tři „motivy“ pro integrované obvody v kruhovém pouzdře s 8 vývody (např. operační zesilovače MAA501, 502, 741, 748...) a jeden motiv pro integrovaný obvod v kruhovém pouzdře s 10 vývody (MAA723). Příklad jejího použití je na obr. 173. Díky svým rozměrům je vhodná pro „půdorysnou“ zástavbu do přístrojových skříní typu I a II, popsaných v další kapitole.



Obr. 174. Obrazec plošných spojů univerzální zkoušební desky (negativně, deska T201)

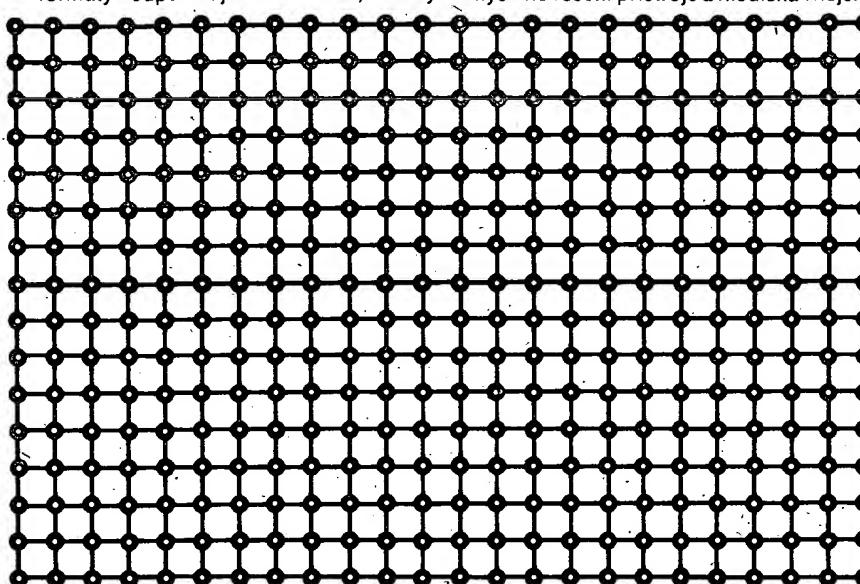
Jestliže desku přepůlíme, dostáváme dvě desky jednotného formátu většího z modulů popsaných v kapitole 1. Stejný rozměr, avšak bez „motivů“ pro montáž integrovaných obvodů, má deska na obr. 175. Je vhodná pro méně náročné experimenty a lze ji použít při stavbě vlastního typu modulu. Dělením této desek můžeme postupně získat i další doporučené formáty odpovídající obr. 176; desky

o rozměrech „malého“ modulu (odpovídá B) nebo nejménšího formátu (C).

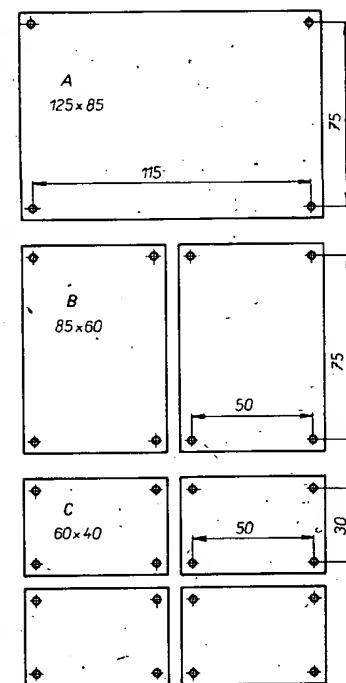
### 3.3 Návrh konstrukčního řešení

#### Design přístroje

Pod pojmem design (čti dýzajn) zde myslíme řešení přístroje z hlediska vnější-



Obr. 175. Obrazec plošných spojů univerzální zkoušební desky II (negativně, deska T202) (rozměr 123×83 mm s rámečkem 4 mm)



Obr. 176. Odvození jednotné řady velikostí desek s plošnými spoji. Průměry upevňovacích děr jsou 3,2 mm. Kolem děr je ochranné mezíkruží s vnějším průměrem 8 mm, v němž nevedou žádné spoje a do něhož nezasahují součástky. Rozměry desek mají toleranci až -2 mm na každé straně, rozteče děr zůstávají stejné

ho provedení, jeho vzhled s ohledem na estetiku a ergonomii. Vzhled přístroje se podílí na jeho užitné hodnotě. Amatérský výrobek je součástí prostředí obklopujícího člověka a zaslouží si proto pozornost. Doufáme, že se brzy z pera odborníka dostane tato problematika i s hojnými příklady na stránky Amatérského radia, aby se čtenáři mohli seznámit s prací průmyslových designerů, s ukázkami moderního designu včetně grafického řešení (popisu) nových přístrojů. V amatérských podmírkách jsme proti průmyslové výrobě v nevhodě – nemůžeme vyrábět výlisky z plastů, máme k dispozici jen omezené možnosti obrábění, omezený výběr materiálů a povrchových úprav a tím omezená tvarová řešení. Nabízený sortiment univerzálních závazkových skřínek, plastových výlisků nebo stavebních celokovových skříní nepovažujeme za dostatečný a využívajíci. Dokud nebudou na trhu cenově dostupné a funkčně kvalitní výrobky, nezbyvá než se jim pokusit přiblížit amatérskou realizací.

Řešení modulů z kap. 1 a skladebné řady přístrojových skříní z kap. 4 má pomoci k vytvoření jednotné koncepce, v níž se konstrukční řešení zjednoduší na rozmištění prvků na panelech přístroje a vnitřní zástavbu. Jednotnou konstrukcí zabráníme tomu, že náš měřicí park bude tvorit soubor nesourodých přístrojů. Znamená to nepřejímat neuváženě konstrukční řešení podle návodů v literatuře, ale přizpůsobovat si je.

Při návrhu uspořádání ovládacích a indikačních prvků, vstupů a výstupů dbáme na zásady ergonomie, tj. přihlížíme zejména k tomu, abychom mohli optimálně ovládat přístroj (převážně pravou rukou), abychom si přitom nezakrývali zorné

pole, v němž jsou umístěny indikační prvky, aby při ovládání nepřekážely přívodní vodiče, konektory a jiné ovládaci prvky.

Z hlediska funkce a vzhledu přístroje má velký význam grafické řešení (popisy) na panelech, popř. i jiných částech výrobku. Díky sortimentu a dostupnosti suchých obtisků Propisot to dnes není problémem. Platí však určité zásady: popis má při minimálním množství symbolů poskytovat co nejúplnejší informace. Nejlépe v takovém rozsahu, aby při běžné manipulaci nebylo třeba postupovat podle návodu k obsluze. Musí brát v úvahu logickou prioritu symboliky podle důležitosti. Zdůrazňujeme hlavní spínáku, indikaci mimo provozního stavu, indikaci přetížení apod. Symboly nesmí umožňovat dvojznačný výklad, musí respektovat hlediska estetiky (výběr typu písma, provedení symbolů) a technologické možnosti – povrchová úprava, nalepování obtisků, kresby na panely.

Návrh správného popisu podle vyjmenovaných požadavků je náročná činnost. Proto se řada symbolů v mezinárodním měřítku sjednocuje, můžeme se inspirovat provedením tuzemských i zahraničních výrobků na vyobrazeních v katalogech, časopisech i přímo exponáty na výstavách. Inspirovat však neznamená slep přejímat. Častou bolestí amatérských konstrukcí je móda cizojezycích nápisů. Pramálo svědčí o schopnostech konstruktéra, neumí-li použít vlastní jazyk. Častým jevem je pak neznalost ihočího a výsledkem jsou úsměvné „pseudoanglické“ výrazy, nebo „vícejazyčný gulás“. Argument o vhodnosti různých jazyků pro popis neobstojí. V průmyslové praxi se běžně vyrábí jeden typ přístroje v několika jazykových verzích (nejčastěji české, ruské, anglické a německé).

### Konstrukční návrh

Popišme si postup při návrhu rozmístění a popisu ovládacích prvků. Pro návrh, jak grafického řešení, tak desek s plošnými spoji je výhodné použít místo rýsovacího prkna tabulku skla rozměrů asi  $420 \times 300 \times 4$  mm. Získáme tak rovnou tuhou podložku, na kterou můžeme umístit 1 arch papíru formátu A3 nebo dva formátu A4. Papír se při kreslení tužkou nepromáčkává, čáry jsou ostré a přitom je lze i snadno „gumovat“. Dobře se na ní rýsuje i rýsovacími perky. Kresba tuží se na hladké ploše lépe opravuje vyškrábáváním žiletkou. V případě potřeby můžeme podložku prosvěcovat. Jedinou nevýhodou je, že nelze používat kružítka, protože jeho hrot nemá oporu. Pomáháme si však použitím rýsovacích šablon.

Vraťme se k vlastnímu návrhu. Na uvedenou podložku přichytíme arch milimetrového papíru. Pracujeme převážně s formátem A4, který upevňujeme přilepením čtyřmi ústřížky samolepicí pásky v rozích archu. Na něj nakreslíme ve skutečné velikosti obrys panelu a znázorníme díly, jejichž poloha je pevně stanověna – např. upevňovací šrouby, plochy v nichž nelze prvky umístit, apod. Vše překryjeme archem pauzovacího papíru, který opět přilepíme k podložce. Pauzovacím papírem prosvitá milimetrový rastřik a kresba. Do ní vykresujeme ostrou měkkou tužkou rozložení prvků. Na mazání se osvědčuje pryz „na inkoust“. Pro získání co nejčesnější představy o konečném vzhledu přikládáme přímo na překreslený motiv prvky.

které mají být na panelu umístěny (ovládací knoflíky, hmotníky přepínače, zdířky ...), nebo jejich modely (kroužky, válečky, podložky aj.). Současně navrhujeme i popis panelu. Písmena a číslice kreslíme od ruky, vycházíme však přitom z typu písma vybraného ze sortimentu suchých obtisků Propisot. Používáme přednostně jeden typ písma.

Osvědčené typy a velikosti jsou: GILL OBYČEJNÝ 2 mm (101), 3 mm (102), 5 mm (103); UNIVERSAL GROTESK UZKY TUČNÝ 3,5 mm (291), 4,5 mm (292); UNIVERSAL GROTESK TUČNÝ 3,5 mm (281), 4,5 mm (282); AKCIDENTNÍ GROTESK ŠIROKÝ POLOTUČNÝ 2,5 mm (3 VMN 97 02,5). V závorkách je uvedeno číselné označení (katalogové číslo) archů. Podtržení znamená, že archy jsou vyráběny i v barvě bílé, modré, červené a zlaté.

Umístění prvků je úzce svázáno s grafickým řešením – obojí se vzájemně ovlivňuje. Nedostačující nebo přebytečný prostor pro popis může znamenat změnu symboliky nebo, naopak, změnu polohy prvků. Po definitivním rozmístění vykreslíme na další arch milimetrového papíru obrys panelu a navržené rozmístění prvků včetně středu děr. Práci nám usnadňuje milimetrová síť. Získáme tak matrice, z níž stejným postupem – překrytím pauzovacím papírem – nakreslíme výkres panelu (a je-li použit) i subpanelu. Dáváme přednost kresbě tuší – trubičkovými perky. Výhodou je možnost rozmnožování kresby z pauzovacího papíru klasickými způsoby (světlotisk); snadná kontrola přikládání kresby na prosvítajícím pauzovacím papíru k dalším výkresům.

Prakticky souběžně s řešením rozmístění a popisu ovládacích prvků navrhujeme vnitřní „zástavbu“. Vycházíme přitom z půdorysných náčrtů ve skutečné velikosti na milimetrovém papíře. Jednotlivě díly si na něj přímo přikládáme i vykreslujeme a hledáme vhodnou polohu při zaručení sestavitelnosti. Přihlížíme k fyzikálním zákonitostem a konstrukčním zásadám – např. síťový transformátor a vodiče se síťovým napětím co nejvíce vzdalujeme od vstupních obvodů a obvodů s velkou impedancí, neumisťujeme do těsné blízkosti prvky, které určují přesnost a vlastnosti přístroje (referenční prvky, děliče ...) a součástky, které se ohřevají (srážecí rezistory, regulační tranzistory, síťový transformátor ...). Snažíme se dosáhnout rozložení s co nejkratšími propojovacími vodiči, s přístupnými nastavovacími prvky a měřicími body.

Konstrukční prvky mají být pevně uchyceny (zásadně ne pouze v jediném bodě). Dáváme přednost šroubovým spojům, neboť vrtat díry a rezat závity lze i v domácí dílně. Nepoužíváme pokud možno díly, obráběné na méně dostupných strojích – soustruhu či frézu. Volíme snadno opracovatelné a relativně dostupné materiály, především hliníkové slitiny. Stanovujeme tvar, velikost a umístění desek s plošnými spoji, volíme přednostně dvě varianty a) desky zcela přizpůsobené konstrukci přístroje, b) desky s jednotnými rozměry.

Možnost podle a) použijeme tam, kde „šíjeme desku na míru“ – od zástavby jednoduchých obvodů do nejrůznějších plastových krabiček, až po složité přístroje moderní, tzv. jednodeskové konstrukce. Příkladem mohou být přístroje, popsané v kapitole 4. Výhodou tohoto řešení bývá snadnější opakování výroba, jednoduchá a úsporná zástavba, dobrý přístup k desce, mechanická pevnost konstrukce. Nevýhodou je pracný návrh obrazce spojů u složitějších zařízení, obtížnější úpravy při změnách zapojení a proto i potřeba

důkladného předchozího funkčního ověření obvodů.

S případem b) se dosud nesetkáváme tak často, jak by si to zasloužil. V literatuře jsou běžně uváděny návody, které nepopisují detailní konstrukční řešení. Obsahují pouze obrazec plošných spojů, nákres rozložení součástek a vlastní zástavbu desky ponechávají čtenáři. Desky se přitom liší rozměry, uspořádáním vývodů, způsobem upevnění. Řada obvodů má charakter ucelených funkčních bloků, které by bylo možno převzít a podle vlastního výběru spojovat do větších celků, v hotových zařízeních je zase obměňovat, usnadňovat jednotné konstrukční řešení.

Tomu všemu může pomoci používání desek s plošnými spoji jednotných rozměrů. Příkladu, kde by jednotnost našla uplatnění, je celá řada. Připomeňme si, co již bylo popsáno obvodů stereofonních rozhlasových přijímačů a zařízení ní techniky, jak by pomocí elektronikum jednotně provedení ní zesilovačů, dekodérů, obvodů AFC, indikátorů vyladění, předzesilovačů, korekcí apod.

Podobně v amatérské vysílací technice se již ustálila určitá obvodová řešení. Bloková konstrukce urychluje vývoj a stavbu nových i vylepšování starších zařízení. Stejné obvody – osvědčené funkční bloky – nf zesilovače, demodulátory, nf filtry, nf zesilovače, modulátory, BFO apod. použijeme v zařízeních KV i VKV, ve všeobecném domácím i jednoduším přenosném „víkendovém“ zařízení.

V měřicí technice je výhodné „mit po ruce“ obvody zdrojů, převodníků, zobrazovačů, zesilovačů, oscilátorů ... Příkladem takového univerzálního funkčního bloku je číslicové panelové měřidlo popsáné v dálší kapitole.

V našich konstrukčních používáme 3 velikosti desek podle obr. 175, který současně ukazuje, jak jsou rozměry odvozeny. Rozměry desek jsou uvedeny v „horizontální“ toleranci, připouštíme změnění rozměrů o 1 mm od středu v každém směru. Formát A odpovídá desce většího z modulů v první kapitole, univerzální zkušební desce II z obr. 175; formát B menšího z modulů, základní desce číslicového panelového měřidla v kapitole 4; formát C používáme především pro jednoduché obvody při práci v zájmových kroužcích.

Desky jednotných rozměrů můžeme upřímně využívat distančními sloupy či trubičkami vedle sebe – na dva nosníky vzdálené o rozteči upřímně využívaných děr nebo na sebe.

### Návrh obrazců desek s plošnými spoji

Pokud nejde o vysloveně jednoduché zapojení, je téměř pravidlem, že každý návrh je tak časově náročný, že se nevyplatí navrhovat desku pro jeden výrobek. Proto někdy používáme univerzální zkušební desky i pro konečné provedení obvodu. Je-li zapojení určeno pro opakování zhotovení, je návrh desek s plošnými spoji zcela na místě.

Normalizace roztečí vývodů součástek, použití prvků s mnoha vývody (integrovaných obvodů, konektorů ...) a požadavky hromadné výroby vedou k rozmištění děr na deskách v normalizovaných vzdálenostech, ke stanovení určitých zásad pro volbu velikosti děr, pájecích ploch a vodičů podle tzv. tříd konstrukčního provedení. U nás se používají čtyři třídy, které jsou charakterizovány:

- minimální vzdálenost mezi středy dvou sousedních děr (vzájemně izolovaných pájecích plošek),

Trída	Nákres	Poznámka	Max.Ø díry [mm]	Max./min.Ø pájecí plošky [mm]	Min.šířka vodiče /mezery [mm]
I		Průchod vodiče mezi body s rozdílem 5 mm neprípustný	1,6	4,3/Ø díry +1,9	0,50/0,65
II		Průchod vodiče mezi body s rozdílem 3,54 mm neprípustný	1,0	3,0/Ø díry +1,4	0,40/0,45
III		Průchod vodiče mezi body s rozdílem 2,5 mm neprípustný	0,8	2,1/Ø díry +1,05	0,35/0,35
IV		Průchod vodiče mezi body s rozdílem 2,5 mm povolen	0,8	1,5/Ø díry +0,7	0,30/0,35

Obr. 177. Čtyři třídy konstrukčního provedení desek s plošnými spoji

- minimální velikostí pájecích plošek pro jednotlivé velikosti dér,
- minimální šířkou plošných vodičů a mezer.

Podrobné údaje jsou na obr. 177. V amatérské praxi nejsme téměř údají význam, je však užitečné hlavní zásady přebírat. První a druhá třída konstrukčního provedení (přesnosti) jsou vhodné pro desky osazené běžnými pasivními prvky a tranzistory, do třetí třídy patří desky, obsahují-li pouzdro integrovaných obvodů s roztečí vývodů 2,5 mm (např. pouzdro číslicových integrovaných obvodů), čtvrtá třída je určena především pro složité obvody výpočetní techniky. Vyznačuje se na první pohled tím, že spoje procházejí i „mezi vývody“ pouzder číslicových integrovaných obvodů, tj. mezi ploškami v rozteči 2,5 (2,54) mm.

Po získání dostatečných zkušeností lze i v amatérských podmínkách navrhovat a zhotovovat desky s plošnými spoji ve všech čtyřech třídách přesnosti a to „jednostranné“ i „dvoustranné“. Za základní technologií, vhodnou jak pro kolektivy, tak pro jednotlivce, přítom považujeme fotolitografickou metodu.

Tomu odpovídá i další text. Některé popsané postupy však s výhodou můžeme použít i při náhrážkových metodách zhotovování desek – např. hloubení dělicích čar nebo vykreslování spojového obrazce přímo na měděnou fólii.

Při návrhu volíme, bude-li obrazec na kreslen systémem dělicích čar nebo spojovacích vodičů, a bude-li použita deska jednostranně nebo oboustranně plátovaná.

Systém dělicích čar se vyznačuje poměrně snadným zhotovením fotografické předlohy (kreslí se jen dělicí čáry a body v místech dér), úsporou lepaci lázně, větší mechanickou pevností pájeného vodiče a jeho odolnosti proti přehřátí, menším elektrickým odporem plošných vodičů. Je vhodný pro zapojení v první a druhé třídě přesnosti, v jednodušších případech i ve třetí třídě. Výkres fotografické předlohy můžeme bezprostředně použít ke zhotovení desky, pracujeme-li s tzv. negativně působícím fotorezistem. Nevhodnou může být větší nebezpečí vzniku neodlepených můstků mezi vodiči, větší vzájemné kapacity, fotografickou předlohu než přímo použít pro pozitivně pracující fotorezisty. Příkladem použití jsou desky s plošnými spoji modulových přístrojů z kap. 1.

Systém spojovacích vodičů používáme pro složitější zapojení odpovídající třídám přesnosti třetí a čtvrté, zejména obvodů číslicové techniky, vyznačujících se vel-

kým množstvím úzkých spojovacích vodičů shodné šířky. Kresba je náročnější, musíme vykreslovat pájecí body a spojovací vodiče. Můžeme si však pomocí nalepování speciálních suchých obtisků Propisot. Výkres fotografické předlohy lze přímo použít pro expozici pozitivně pracujících fotorezistů. Nevýhodou bývá větší opotřebení lepaci lázně, náhodlnost k přerušení vodičů snadno přehlédnutelnými trhlinkami, snadné přehřátí a uvolnění pájecí plošky při pájení. Příkladem použití jsou desky s plošnými spoji přístrojů popsaných v další kapitole.

V převážné většině případů používáme jednostranně plátované desky s plošnými spoji. Dvostranné zhotovujeme jen tehdy, vyžaduje-li to mimořádná hustota součástek nebo speciální požadavky. Protože jsou podstatně pracnější a tím i dražší, používáme je jen tehdy, nelze-li nahradit omezené množství spojů drátovými propojkami. Ve všech obvodech a měřicích technice někdy slouží fólie na jedné straně jako celistvá zemnická plocha. Pak nemusíme pro tu stranu vykreslovat fotopředlohu, ale jen „vrtací předpis“, podle něhož při výrobě desky odstraníme (odvrátíme) fólii kolem dér, jimiž mají procházet vývody součástek nespojené se zemní plochou. K tomu se osvědčuje použití vrtáčku se stojanem, u něhož lze nastavit hloubku vrtání. Dobře se pracuje s vrtáčkem nabroušeným s větším úhlem břitů, případně s vybroušeným malým naváděcím hrotom. Vhodné jsou i určité druhy výřezů, „zubních“ frézek.

Popišme si postup návrhu obrazce desky s plošnými spoji. Je poměrně pracný, ale vede k velmi dobrým výsledkům, neboť jím získáme úplně výrobní podklady desky a možnost poměrně snadno nalézt a odstranit závady ještě v průběhu návrhu. To má velký význam při návrzích složitých obrazců.

Pro jednoduchá zapojení se čtenáři postup zjednoduší převzetím jen základních operací. Nejdříve si vyjmenujme pomůcky a materiály, které používáme při návrhu a zhotovení podkladů pro výrobu desek s plošnými spoji:

- Skleněná podložka* – doporučené rozměry a její výhody byly popsány. Pokud si ji necháme uříznout z tabulového skla, zabrousíme pod vodou hrany karborundovým brouskem.
- Milimetrový papír* – prodává se nejčastěji v arších formátu (A4, A3) nebo v bločích (A4). Kontrolujeme např. ocelovým měřítkem, zda milimetrová síť nemá velkou chybu, která je nežádoucí u velkých rozměrů desek, roztečí upevňovacích dér a ovládacích prvků.

c. *Pauzovací papír* – dostaneme nejčastěji v rolích. Neprekládat, chránit před poštíkáním vodou, které způsobuje zvlnění papíru (nežádoucí u fotografické předlohy).

d. *Trubičková pera* – vystačíme většinou s násadkovými trubičkovými perami č. 3 a 5. Náplň per nesmíme nechat zaschnout, po skončení práce pera vždy vymýjeme. Drátek z trubičky nikdy nevytahujeme!

Podstatně větší komfort přináší práce s rýsovacími trubičkovými perami Centrograf. Ty si však pořizujeme jen při dlouhodobé soustavné práci s nimi. Doporučujeme mít pera s průměry 0,25; 0,35 a 0,5 mm.

e. *Tuš* – na kresbu fotografické předlohy vyžadujeme velkou krycí schopnost tuše. Z našich výrobků výhodně tuš pro rýsování pera Centrograf, řidce se vyskytuje v vhodné zahraniční výrobky.

f. *Tužka* – hrot patentní tužky, tzv. „krajanu“ musíme často ostřít, pohotový i improvizovaný ostříč je nezbytný (např. pásek smirkového papíru, vlepený podél vnitřní stěny malé plechovky). Pohodlná práce je s patentními tužkami, které mají tuhu o průměru 0,5 mm (Pentel, Rotring, Staedler). Jejich nabídka u nás je omezená, podstatně lépe jsou na tom naši sousedi, např. v MLR.

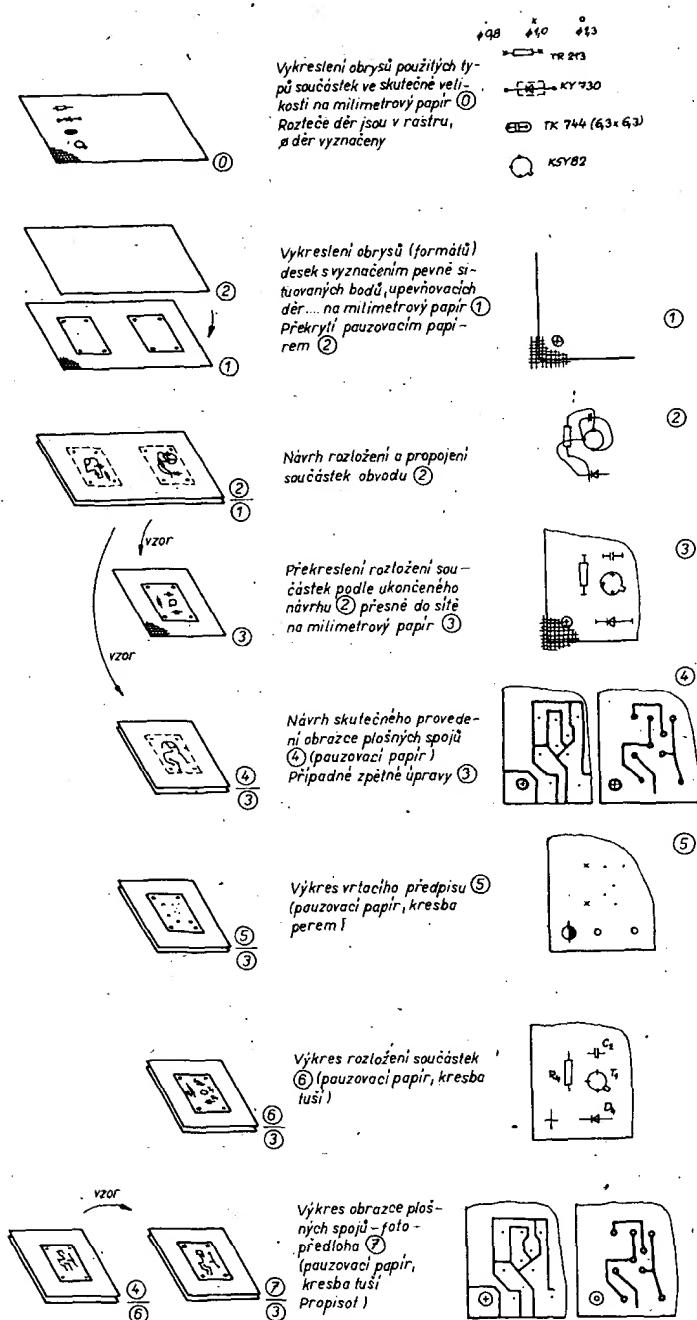
Další pomůcky již nevyžadují zvláštní komentář. Jsou to mazací prýž, samolepicí pásky, šablony dér (příp. i schematických značek), pravítka, žiletky, trpělivost... Postup práce při návrhu a zhotovení podkladů pro výrobu desky s plošnými spoji popisuje obr. 178.

Výchozím podkladem je přehledné, funkčně ověřené schéma obvodu, v němž jsou všechny prvky označeny příslušnými písmeny s pořadovými čísly (R<sub>1</sub>, ..., C<sub>12</sub>, T<sub>4</sub>, IO<sub>7</sub>) a rozpiska součástek s přesným vyznačením typu. Musíme znát skutečné rozměry použitých součástek, rozteče upevňovacích dér a průměry vývodů. Proto si ve velikosti 1:1 a s vyznačením polohy a průměru vyznačíme všechny potřebné typy součástek na jeden arch milimetrového papíru – označme si ho jako pomocný výkres 0. Potřebné údaje získáme z konstrukčního katalogu součástek nebo změřením vzorků. V katalogu bývají uvedeny jak doporučené rozteče, tak průměry dér. Pokud je stanovujeme sami, volíme rozteče v násobku 2,5 mm a průměry podle vývodů jako nejbližší vyšší z řady (0,6); 0,8; 1,0; 1,3; 1,6... mm. Každému případu značku. Výkres 0 nekreslíme vždy – doplňujeme jen podle potřeby zakreslením nově použitých typů součástek.

Pozn.: kreslíme vždy „ze strany součástek“ – pozor na značení vývodů tranzistorů a lineárních integrovaných obvodů.

Na podložku připevníme samolepicí pásky z rohy arch milimetrového papíru, na který nakreslíme obrys desky, vyznačíme předem stanovenou polohu upevňovacích dér, ovládacích a nastavovacích prvků, míst, kde nelze součástky umístit apod. Je výhodné nakreslit dva takové motivy vedle sebe. Dostaváme výkres označený 1.

Překryjeme jej pauzovacím papírem, přilepíme a kreslíme návrh rozložení součástek a jejich propojení. Pro tučnou čísť neexistuje zvláštní obecný postup vedoucí rychle k úspěchu, svou roli zde hrají především zkušenosti. Pracujeme systémem „tužka – mazací prýž“. Jednoho z podkladových obrázků využíváme k hledání vhodného uspořádání třeba jen části



Obr. 178. Postup návrhu a zhotovení podkladů pro výrobu desky s plošnými spoji

obvodu, navrženou část překreslujeme do druhého obrázku. Role obou kreseb se mohou během návrhu několikrát vystřídat. Součástky kreslíme ve skutečné velikosti podle 0, vývody umisťujeme přednostně do rastru 2,5 mm. Připomínáme, že kreslíme „ze strany součástek“. Výsledkem je návrh rozložení a propojení 2.

Podle 2 a s pomocí prosvítajícího milimetrové sítě výkresu 1 vykreslím na nový milimetrový papír nalezenou polohu součástek 3, z níž kopírováním vykreslím všechny výrobní podklady. Proto je výhodné polohu dér zdůraznit křížkami nebo tečkami (tuší), aby dobře prosvítaly. Dbáme na jejich přesné umístění v milimetrové síti, obrysou součástek kreslíme pečlivě „od ruky“.

Po překrytí výkresu 3 a přelepení papírem si vyznačíme díry

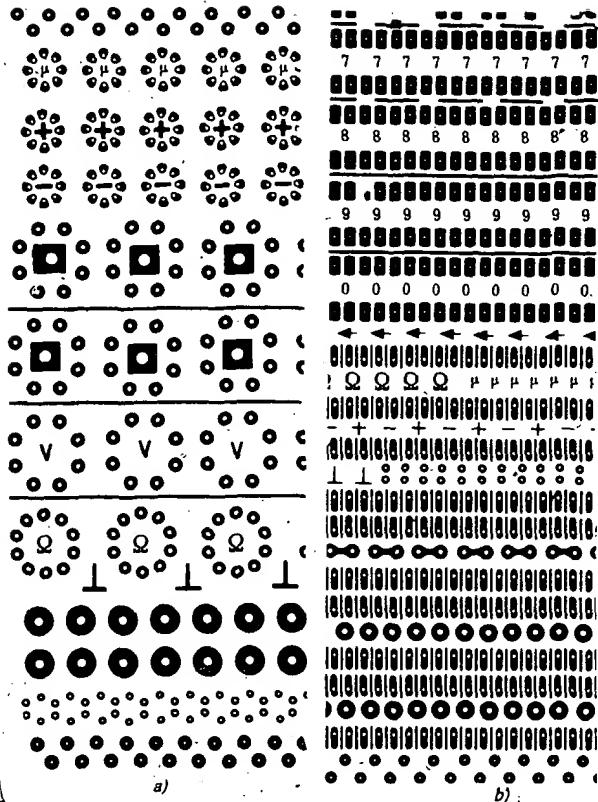
(nejlépe rýsovacími perky) a podle návrhu propojení 2 nakreslíme detailní návrh obrazce plošných spojů (tužkou) – 4. Podle potřeby volíme metodu dělicích čar nebo spojovacích vodičů. Přihlížíme již k tomu, že se liší velikost dér a tím i pájecích bodů. Napájecí a společné vodiče volíme co nejširší. Podle potřeby upravujeme polohu součástek na 3.

Výkres 4 sejmene, 3 překryjeme opět pauzovacím papírem a podle polohy dér na 3 a potřebné velikosti dér podle 0 kreslím vrtací předpis 5. Pracujeme tuší.

Sejmene 5, překryjeme pauzovacím papírem a nakreslíme (narýsujeme) rozložení součástek 6.

Na závěr překryjeme 3 kvalitním pauzovacím papírem nebo některou ze speciálních plastových fólií, která má povrch upraven pro kresbu tuší, a narýsujeme fotografickou předlohu 7.

Předlohou je výkres 4 podložený výkresem 6. Kresba musí být kontrastní, kvalitní tuší. Při použití metody dělicích čar použijeme pro čary pero o průměru hrotu



Obr. 179. Suché obtisky Propisot pro plošné spoje, a) typ Elektrotechnika 522, b) typ Elektronika 521

0,5 mm, pro body vyznačující díry asi 0,3 mm. Při metodě spojovacích vodičů nanášíme pájecí body z archů suchých obtisků Propisot. Doporučujeme využívat archy Elektrotechnika 521 a Elektrotechnika 522 – viz obr. 179. Suché obtisky Propisot vedou vybrané prodejny Drobné zboží, nejšířší sortiment má specializovaná prodejna „Propisot“, Praha 1, Mikulánská 7.

Ověříme příložením:

- 6 na 7 – správnost zapojení (podle schématu),
- 5 na 6 – správnost vrtacího předpisu (podle 0),
- 5 na 7 – správnost velikosti pájecích plošek fotografické předlohy (orientačně podle obr. 177).

Výsledkem návrhu je:

7 – fotografická předloha 6 – výkres rozložení součástek 5 – vrtací předpis 4 – návrh kresby fotografické předlohy 3 mateční rozložení součástek 2 prvotní návrh rozložení a propojení 1 obrys desky  0 výkres velikosti součástek, umístění a velikosti upevňovacích dér	výrobní dokumentace desky s plošnými spoji  dokumentace k uložení pro případnou úpravu při ověřování vzorku  u jednotných formátů použitelné pro další návrh  trvale použitelné pro další návrhy
---	--

*Pozn.:* Při návrhu „dvoustranné“ desky s plošnými spoji se zdvoujuji výkresy 4, 7. S výhodou můžeme, díky pauzovacímu papíru, překrývat i více vrstev, kreslím stále v pohledu „ze strany součástek“, návry obou kreseb můžeme barevně rozlišit (červená-modrá).

Chceme-li použít inverzně pracující fotoresist nebo zhotovit pracovní kopie originálu fotografické předlohy, pomáháme si

kontaktním kopírováním na plochý film. Plochý film je však obtížně dostupný – vedou jej pouze vybrané prodejny Rempo – a mnozí elektronici nemají dostatečné zkušenosti a možnosti k práci s těmito fotomateriály. Za těchto okolností doporučujeme nechat si zhотовit kopie v provozovnách fotografických družstev nebo podniků místního hospodářství. Dokáží však i zhотовit fotografickou předlohu z vyobrazení v časopise. Zvláště při kolektivním využití v zájmovém kroužku nebo klubu jsou náklady připadající na jednoho uživatele nízké.

### 3.4 Zhотовování mechanických dílů a desek s plošnými spoji

Při vhodné konstrukci přístroje vystačí pro zhотовení mechanických dílů běžně vybavení domácí dílny, v níž je vrchol mechanizace elektrická vrtáčka se stojanem. Přesto je užitečné využívat podle možnosti dílen organizací zaměřených na zájmovou technickou výchovu k uspořečnu a zvýšení kvality práce.

Příkladem je použití tabulových nůžek namísto pracného rezání a zarovnávání, nebo ohýbačky místo provizorního ohýbání městu dvěma profily L, upnutými do svěráku.

Nebudeme uvádět podrobné dílnské postupy, které najdeme ve starší literatuře, výjimku tvoří technologie výroby desek s plošnými spoji (popis následuje) a technologie povrchové úpravy přístrojových skříní včetně popisu panelů (popis v další kapitole).

Možnost samostatné výroby desek s plošnými spoji je nezbytným předpokladem rozvinuté tvůrčí zájmové technické činnosti. Zpřístupnění technologie fotolitografické výroby desek i nejmladším členům zájmových kolektívů přináší užitek v podstatném zvýšení kvality práce, v ziskání schopnosti obvody i samostatně zhотовit. Zkušenosti z práce zájmových kroužků Městského domu pionýrů a mládeže v Brně nás přesvědčují, že výrobu desek zvládají dvanáctiletí i mladší elektronici a třináctiletí dovedou nejen desku zhотовit, ale i navrhnut a mnohdy svými praktickými znalostmi předčí absolventy středních a vysokých škol. Je proto společenským přínosem, když organizace zajistí prostředky a přípravky, které jsou na maloobchodním trhu většinou nedostupné. Výjimku tvoří po několikaleté přestávce souprava pro výrobu desek s plošnými spoji z ZPA Nový Bor.

Princip výroby desek s plošnými spoji spočívá v tom, že se na měděnou fólii desky nanese fotorezist (světlocitlivá látka). Přímo na vrstvu fotorezistu se přiloží fotopředloha (průsvitka), film s kresbou obrazce plošných spojů a deska exponuje (osvítí). Ve vývojce se odplaví neosvělená místa negativně pracujících fotorezistů nebo osvělená, je-li použit pozitivně pracující fotorezist. V leptacím roztoku je z odkrytých míst odleptána měděná fólie a vytvoří se tak obrazec vodivých plošných spojů. Popíšeme dosavadní postup a prostředky výroby s použitím přípravku z n. p. Grafotechna Praha.

Deska se dokonale očistí a odmasti – jemným smirkovým papírem, videňským vápnem nebo práškem na nádobí s odmašťovacím účinkem (např. AVA). Kontrolou dokonalého očištění je, že při opláchu po celé ploše ulpívá rovnoměrně vodní vrstva. Na desku naneseme vrstvu sensibilované emulze T 020. Výrobce doporučuje použít odstředivku s rychlostí otáčení 80 ot/min. Pro tyto účely se zhotovují odstředivky ze starých typů gramo-

fonů se 78 ot/min., umístěných do uzavřených skříní, které se vyhřívají topnými tělesy řízenými termostatem asi na 50 °C, nebo se rotující deska ofukuje teplovzdušným ventilátorem.

Odstředivou silou vzniká rovnoměrná vrstva emulze, působením tepla se urychluje vyschnutí, vytvrzení vrstvy. Po úplném zaschnutí se na vrstvu emulze přiloží fotografická předloha, překryje tabulkou čistého nepoškrábaného skla (nebo organického skla), která se zatíží tak, aby předloha dolehla celou svou plochou k světlocitlivé vrstvě. Velmi užitečné je zhodnotení upínacího rámečku pro tyto účely. Deska se osvíti horským sluncem nebo svítidlem s uliční výbojkou, jejichž světlo je účinné na emulzi. Zdroj světla musí být umístěn kolmo k desce, ve vzdálenosti asi 40 cm. Délka expozice závisí na zdroji světla, na jeho vzdálenosti a na propustných vlastnostech skla či organického skla, a proto musí být stanovena experimentálně. Bývá typicky 5 až 15 minut.

Po osvětlení vrstvu vytváříme offsetovou vývojkou typ 030, potíráním štětcem ve fotografické misce. Po vytvoření se přebytečná vývojka setře stěrkou (emulze nemá přijít do styku s vodou!) a deska se vloží do lázně zahlubovače pro měd typu 131.

Leptání napomáháme potíráním štětcem, pozor však na jeho kovové části. Nemají přijít do styku se zahlubovačem.

Senzibilovaná emulze T 020 není příliš citlivá na umělé osvětlení a nepřímé denní světlo, je však užitečné pracovat s ní v mírném přítmí. Je rozpustná ve vodě, můžeme ji proto snadno ředit pro dokonalejší nanášení a také smýt po ukončení leptání. Na druhé straně proto nesmí leptací lázeň – zahlubovač – obsahovat vodu. Po odstranění emulze plošné spoje chráníme proti korozi nátěrem laku, který má současně usnadňovat pájení. Nejjednodušším pájecím lakovem je roztok kalafuny v denaturowaném lihu, čisticí skvrně Číkuli nebo toluenovém ředitidle.

Použité přípravky byly výrobcem z důvodu toxicity sloučenin chromu nahrazeny novými výrobky, na jejichž použití postupně uživatelé přecházejí. Nový soubor přípravků má název PLD. Oproti původnímu postupu nový senzibilovaný roztok PLD 023 vyžaduje vytvořit podstatně tenčí vrstvu, a proto je doporučována rychlosť odstředivky 120 ot/min. Vyžaduje se dokonalé vysušení, výrobce dokonce doporučuje expozici 2. až 3. den po nanesení. Prakticky bylo ověřeno, že při použití sálového tepla pro vysušení vrstvy můžeme desku zpracovávat ihned. Emulze je podstatně citlivější na dotek prstů a mechanické poškození, proto si práce vyžaduje větší pečlivost a opatrnost. Pracuje také negativně – neosvělená místa se odplavují. Vytváří se vodou – sprchou o teplotě 15 až 25 °C a poté se deska ponořuje na 2 minuty do tvrdícího roztoku. Z koncentrovaného roztoku PLD 029

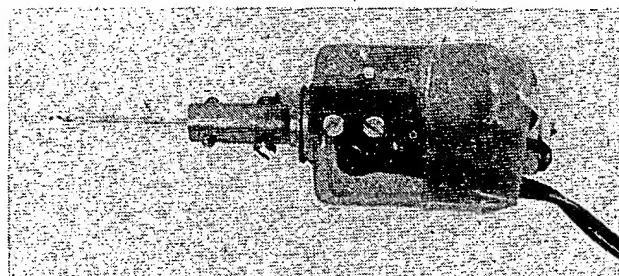
jež získáme zředěním vodou v poměru 1:9. Po vytváření desku opláchneme vodou, dokonale vysušíme (teplem). Leptání v původním zahlubovači typ 131. Po vyleptání a opláchu vodou vrstvu emulze odstraníme buď mechanicky nebo odvrtovacími roztoky.

Po zpracování desek s plošnými spoji může být používán také soubor přípravků podniku Lachema Brno, jehož základem je pozitivně pracující fotorezist SCR-5. Je však poměrně drahý. Novým výrobkem na našem maloobchodním trhu jsou výrobky ZPA Nový Bor. Jde o desky s naneseným rezistem, zabalené v ochranném obalu, dodávané s lahvičkou hydroxidu sodného a návodem. Světlocitlivá vrstva pracuje pozitivně – černé plochy fotografické předlohy vytváří plošné vodiče. Je citlivá i na rozptýlené denní světlo, doporučujeme proto pracovat při ztlumeném osvětlení žárovkou. Postup expozice je shodný s popsaným. Výrobce doporučuje použít horského slunce po dobu 5 až 7 minut ze vzdálenosti 30 až 40 cm. Vývojku tvoří 1,5% roztok hydroxidu sodného ve vodě. Po vytváření můžeme desku omýt, osušit a opravit acetonovým lakovem. K leptání můžeme použít už popsaný zahlubovač, příp. si jej zhovíme rozpuštěním chloridu železitého ve vodě (650 g/1 l vody) nebo směs kyseliny chlorovodíkové a perroxidu vodíku. Připravujeme ji tak, že do 750 ml vody vlijeme za stálého míchání 150 ml 35% HCl (ne naopak)!

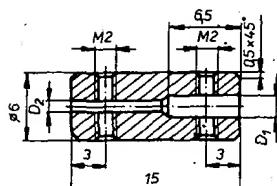
Před leptáním přidáme 100 ml 30% peroxidu vodíku. Vrstvu rezistu můžeme bez obav nechat na spojích jako ochranu proti korozi. Velmi dobré se přímo na ní pájí. Smývá se snadno acetonom nebo denaturowaným lihem. Protože výrobek má i přiměřenou cenu, můžeme jeho uvedení na trh označit jako přínos pro naši „elektronickou veřejnost“.

Při výrobě plošných spojů dbáme ve zvýšené míře na bezpečnost. S chemikáliemi pracujeme zásadně s ochrannými pomůckami. Před potřsněním pokožky se chráníme prýžovými rukavicemi. Případná konstrukce odstředivky nebo osvětlovacího zařízení nepřipouští jakoukoli neodbornou improvizaci. Před použitím si zaslouží kontrolu i stav elektrické instalace, k níž bude zařízení připojeno.

Pro zhотовení dísek s plošnými spoji se přednostně používají plátnové sklolaminátové materiály. Při nanášení fotorezistu se obvykle nedáří dosáhnout rovnoměrného rozlití vrstvy po celé ploše až k okrajům. Obstrukce proto volíme na všechny stranách asi o 10 mm větší, než je obrys fotografické předlohy. Sklolaminát se poměrně dobře řeže pilkou na kov, luppenkovou pilkou s plátkem na kov, stříhá nůžkami na plech a vrtá. Brzy však tupí nástroje a je nezádoucí vnikání prachu vzniklého při obrábění do dýchacích cest. K vrtání dír pro vývody součástek potřebujeme vrtáky tří průměrů – 0,8; 1,0 a 1,3 mm. Pro vrtání dísek s větším množstvím dír je třeba používat vrtáčku se stojanem. Vyh-



Obr. 180. Vrtáčka pro plošné spoje zhотовená z malého komutátorového motoru



Obr. 181. Jednoduché skříidlo vrtáčky z komutátorového motorku

ví i vrtáčka PIKO s napájením 12 V, kterou lze občas i se stojanem koupit v našich hračkařských a modelářských prodejnách.

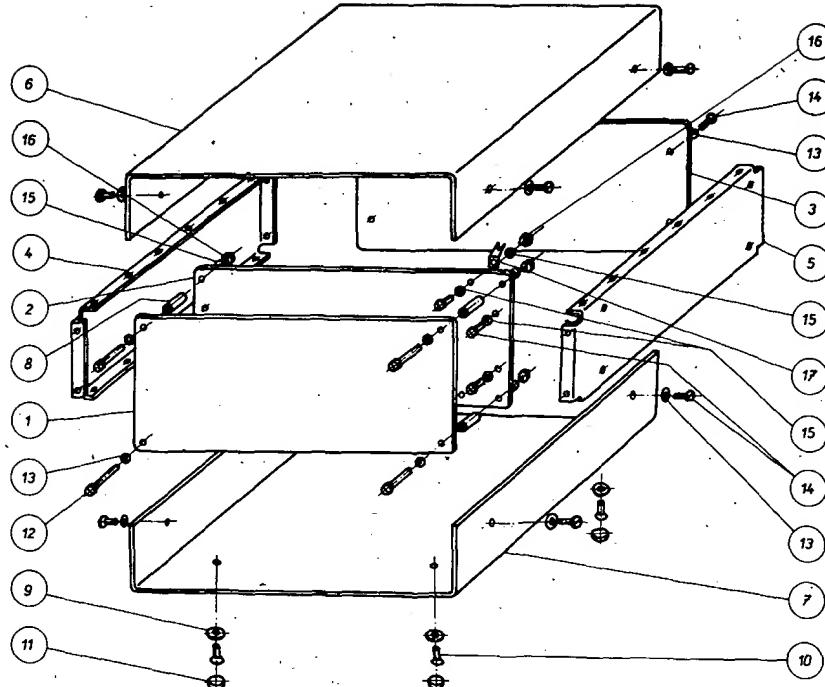
Neocenitelným pomocníkem při opravách a úpravách, ale i při vrtání desek s menším počtem děr je malá vrtáčka z komutátorového motorku. Některé návody se zabývají především zhotovením složitého skříidla, ale zapomínají, že je nutno vrtáčku pohodlně zapínat a vypínat. Příklad jednoduché konstrukce je na obr. 180. Do tělesa motorku jsou vyvrtány dvě díry se závití M2 a dvěma šrouby uchycen mikrospinač WN 559 00, jehož stlačením motorek zapínáme. Zadní část motorku byla přetažena smršťovou bužírkou, která současně přidržuje přívodní vodič, tenkou dvojlinku. Jednoduchá skříidla využívají pro vrtáky 0,8, 1 a 1,3 mm - viz obr. 181. Místo vrtáku ve skříidle měníme tedy celá skříidla s vrtáky. Vrták je proto uchycen „červíky“, hřídel motoru šrouby s hlavičkou.

Použitý motorek je typu FT 160D, jehož přednosti jsou kvalitní ložiska, která můžeme axiálně namáhat a velká rychlosť otáčení - 38 000 ot/min. při napájení 12 V. Vrtáčku můžeme zhotovit i z jiných motorek, pokud využijeme ložisky a rychlosť otáčení, popř. krouticím momentem. Napájecí zdroj opatřujeme na výstupu kondenzátorem s velkou kapacitou, např. 5000  $\mu$ F. Náboj na kondenzátoru vykryvá proudový náraz po zapnutí motorku a tím dosáhneme velkého krouticího momentu při rozbehu.

#### 4. Skladebná řada přístrojových skříní

Základem konceptní konstrukční činnosti je použití jednotné konstrukce přístrojových skříní a principu jejich vnitřní zástavby. Výsledkem je jednodušší výroba, usnadněná konstrukce nového přístroje a zachování designové jednoty přístrojů. Tato skutečnost platí plně i pro amatérské výrobky. Dále popisovaná skladebná řada tří typů přístrojových skříní umožňuje skříně sestavovat do sestav s elektronickými měřicími přístroji pro školní výuku a zájmově technickou činnost k. p. TESLA Brno. Řešení je modifikováno pro technologie používané v dílnách zájmových organizací, popř. v domácí dílně amatérů-elektroniků. Zájemci mohou podle svých možností volit z několika variant použitých materiálů a povrchových úprav.

Výkresy dílů nemají uvedeny tolerance rozměrů. Je nutno si uvědomit jejich souvislost s použitou technologií zhotovení, současně i skutečnost, že se jedná o „know-how“, tedy duševní vlastnictví



Obr. 182. Konstrukce přístrojové skříně - rozložená sestava

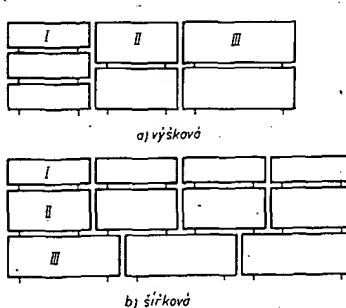
výrobce. Tolerování rozměrů je nezbytné v sériové výrobě, kde musí zajistit možnost sestavit skříň z libovolných dílů. Při kusové výrobě v amatérských podmínkách však není nutné, neboť pracujeme s omezenou přesností a díly sestavujeme individuálně.

#### Popis konstrukce

Základem skladebné řady skříní je konstrukce na obr. 182. Každá skříň se skládá z čelního panelu 1, subpanelu 2 a zadního panelu 3. Vzdálenost čelního panelu je 10 mm, je vymezena distančními trubičkami 8 a zaručuje, že na subpanel je možno bez úprav upěvnit fadu ovládacích prvků - potenciometry a otočné přepínače s délkou hřídele 20 mm, tlačítkové přepínače Isostat, dvojzdiřky, indikační prvky atd. Bočnice 4, 5 jsou v základním provedení shodné. Jejich řešení umožňuje zástavbu v horní i dolní části bočnic (díry se závitem M3 o rozteči 25 mm). Bočnice současně slouží k upevnění horního 6 a dolního 7 krytu shodného tvaru písmene U. Ke spodnímu krytu jsou připevněny nožky, sestavené z dílů 9, 10, 11.

#### Koncepce skladebné řady

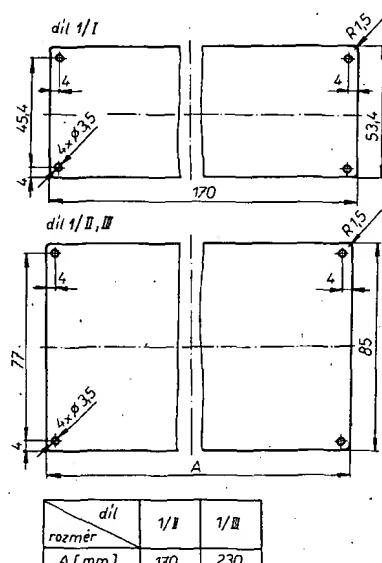
Klíčovým problémem návrhu souboru přístrojových skříní je počet prvků skla-



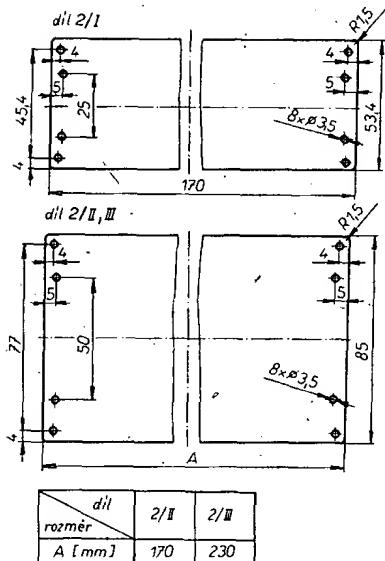
Obr. 183. Rozměrová kompatibilita skříně  
a) výšková, b) šířková

debné řady a jejich rozměrů. Popisovaná řada se skládá z přístrojových skříní typů I, II a III. Rozměry jednotlivých typů skříní vycházejí ze složitosti předpokládaných druhů měřicích přístrojů, z typických rozměrů nejčastěji užívaných konstrukčních dílů - ovládacích prvků, měřidel, transformátorů - a z požadavku vzájemné rozměrové kompatibility (slučitelnosti). Tímto vzletným termínem máme na mysli takovou volbu rozměrů, aby bylo možno přístroje skládat na sebe a vedle sebe tak, že je možno vytvářet účelové, prostorově nenáročné měřicí pracoviště.

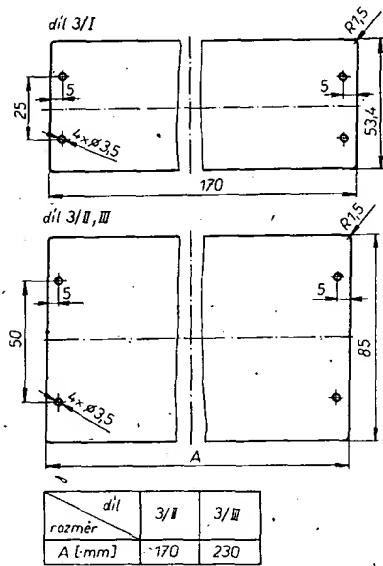
Navržené skříně mají jednotnou hloubku. Rozměry skříní v čelním pohledu zajišťují rozměrovou kompatibilitu (obr. 183). To znamená, že výšková úroveň vertikální sestavy tří skříní typu I odpovídá sestavě dvou skříní typu II nebo III; třem šířkám skříně typu III odpovídají čtyři šířky skříně typu I a II (s mezerou 5 mm).



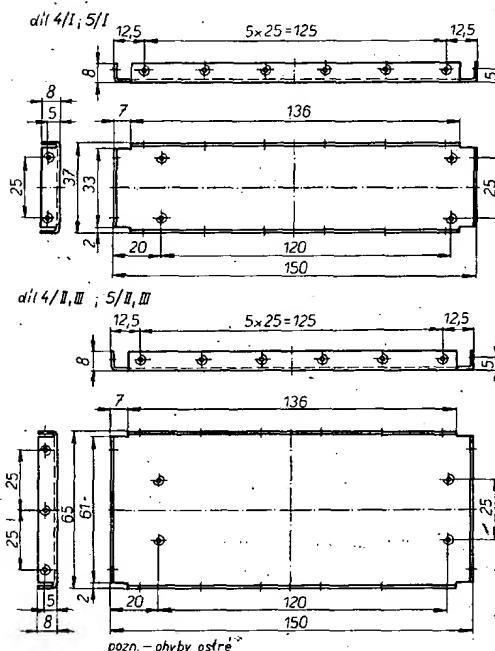
Obr. 184. Přední panel



Obr. 185. Subpanel



Obr. 186. Zadní panel



Obr. 187. Bočnice

### Provedení konstrukčních dílů

Čísla dílů odpovídají popisu na obr. 184. Doporučeným materiálem jsou polotvrdé až tvrdé slitiny hliníku (dural) tloušťky 1,2 až 1,6 mm. Vzhledem k tomu, že jde z jedné strany o čelní plochu, je nutno použít plechy s dokonalým povrchem, bez viditelných stop po válcování a nepoškozené rýhami a vrypy.

#### a) Přední panel - díl 1

Výkresy dílů jsou na obr. 184. Doporučeným materiálem jsou polotvrdé až tvrdé slitiny hliníku (dural) tloušťky 1,2 až 1,6 mm. Vzhledem k tomu, že jde z jedné strany o čelní plochu, je nutno použít plechy s dokonalým povrchem, bez viditelných stop po válcování a nepoškozené rýhami a vrypy.

#### b) Subpanel - díl 2

Výkresy dílů jsou na obr. 185. Doporučeným materiálem je polotvrdý hliníkový plech tloušťky 3 mm.

#### c) Zadní panel - díl 3

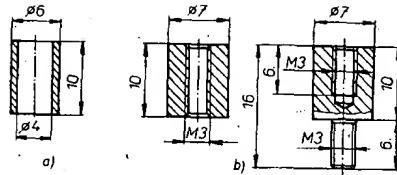
Výkresy dílů jsou na obr. 186. Podle požadované nosnosti (např. nese-li díl síťový transformátor) může kolisat tloušťka materiálu mezi 2 až 3 mm. Nejvhodnějším materiálem je polotvrdý hliníkový plech. Jedna strana dílu je vnější (zadní) plochou a platí pro ni stejné požadavky jako u čelní strany předního panelu.

#### d) Bočnice - díly 4, 5

Výkresy dílů jsou na obr. 187. V tomto provedení (bez dalších úprav pro konkrétní typ přístroje) jsou levé bočnice 4 i pravé bočnice 5 shodné. Doporučeným materiálem je ocelový plech tl. 1 mm. Díry se závitem M3 by měly být zhotoveny s průtažkem. Pozn.: při výrobě konkrétního přístroje není nutné vrtat všechny díry na podélných hranách. Protože zhotovení průtažků i protikorozní úprava galvanickým povlakem (zinkování, chromátování) nejsou běžně dostupné technologie, nezbývá než použít náhradní povrchovou úpravu (rozleštít tenkou vrstvu ochranného vosku, např. Avirof, Resistin ML apod.) a řezat závit do děr bez průtažků, nebo použít nekorozní materiál větší tloušťky, např. měkké slitiny hliníku (s ohledem na ohyby) tloušťky 2 mm.

#### e) Horní a dolní kryt - díly 6, 7

Výkresy dílů jsou na obr. 188. Doporučeným materiálem jsou měkké slitiny hliníku tloušťky 2 mm. Rozměry označené A je nutno přizpůsobit použité povrchové úpravě. Použijeme-li potahování fólií (tapetou); je rozměry nutno zvětšit minimálně o čtyři tloušťky použité fólie.



Obr. 189. Distanční trubičky a sloupky

Zhotovujeme-li větrací otvory, nezapomínáme, že nesmí být průchozí pro zkušební tyčinku kruhového průměru o průměru 4 mm (viz kap. 2). To znamená omezit průměr kruhových větracích děr na 3,8 mm a přesně vrtat velké množství děr. Pokud budou v krytech výrezány otvory či vytvářeny díry větších rozměrů, je nutné je překrýt co nejdříji drátěnou, popř. textilní síťovinou, bránící vzniku cizího předmětu.

#### f) Distanční trubičky - díl 8

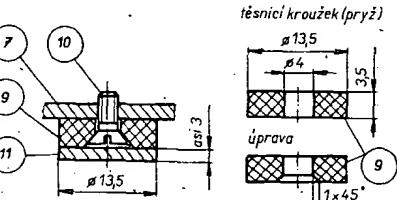
Nejdostupnějším řešením je zhotovit distanční trubičky z hliníkové trubky o vnějším průměru 6 mm. Výhodnější je použít distanční sloupky s vnitřním závitem M3, které umožní pohodlnou demontáž čelního panelu. Možné varianty jsou na obr. 189.

#### g) Nožky - sestava dílů 9, 10, 11

Na nožky klademe následující požadavky:

- nesmí se deformovat při skládání přístrojů do vrstev,
- musí zabránit posouvání přístroje po podložce při manipulaci s ovládacími prvky (zejména tlačítka),
- nesmí mechanicky poškozovat podložku ani na ní zanechávat skvrny,
- výška nožky nesmí narušit úrovněvou kompatibilitu.

Navržené řešení používá běžně dostupné materiály, obr. 190. Nožka se skládá



Obr. 190. Provedení přístrojových nožek

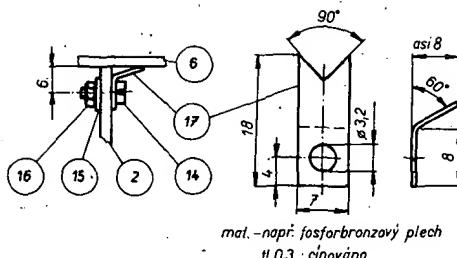
z dílu 9 - prýžové podložky tvořené těsnicím kroužkem vodovodního kohoutku typu T12 3/8"-10 s vnějším průměrem 13,5 mm a vnitřním 4 mm, který má vnitřní hraničku srazenou ostrým vrtákem většího průměru tak, aby při přišroubování šroubem 10 byla hlava šroubu pod úrovní povrchu. Na povrch pak nalepíme ochrannou podložku 11, zhotovenou z molitanu tl. asi 2 až 4 mm. Pokud vystříhneme podložku z molitanového těsnění do oken, bývá jedna strana již opatřena lepidlem, jinak použijeme lepidlo. Chezmopř.

#### h) Pružiny - díl 17

U síťových přístrojů bezpečnostní třídy I požadujeme vodivé propojení sestavy panelů a bočnic s kryty. Zejména použijeme-li jako povrchovou úpravu krytů plastovou fólii, nemůžeme spoléhat na vodivé propojení přes šrouby 14. V takovém případě lze použít pružný kontakt - díl 17. Hroty pružiny při našroubování krytu pronikají i přes povrchovou vrstvu oxidů a zaručují vodivé spojení. Provedení pružiny je na obr. 191. Pružiny doporučujeme

Typ	Rozměr [mm]			
	A	B	C	D
I	171	26,7	14,2	120
II	171	42,5	30	120
III	231	42,5	30	180

Obr. 188. Horní a dolní kryt



Obr. 191. Pružina pro vodivé spojení krytu  
upevnit k subpanelu popř. zadnímu panelu.

#### i) Spojovací materiál

Pro všechny spoje jsou použity šrouby se závitem M3. Doporučené provedení hlav šroub je válcové. Máme-li možnost, dáme u šroubů držicích kryty přednost provedení s nižší válcovou hlavou nebo s hlavou tvaru nízkého kulového vrchliku. Obecně šrouby připevňující kryty, přední a zadní panel mají provedením a povrchovou úpravou odpovídat požadavkům na vzhledovou plochu. Všechny spojovací materiály (šrouby, matice, podložky) by měly mít antikorozní povrchovou úpravu. Z konstrukčního hlediska má každá hlava šroubu dosedat na podložku. U vnitřní zástavy lze použít libovolné podložky, pro šrouby na vnějších plochách jsou nevhodnější podložky z tenkých průhledných fólií (fólie do diaramečků apod.) o vnitřním průměru, odpovídajícím hlavě šroubu. Takové podložky se ovšem neprodávají a musíme je zhotovit vystřihováním nebo vysekáváním. Po konečné montáži se šroubové spoje zajišťují proti uvolnění zakapáním řídkým acetonovým lacem (musí zatéci do závitů). Lak by měl mít kontrastní odstín (modrá, červená, černá „barva“ na kůži).

Seznam dílů skříně je uveden v tabulce.

#### Díly přístrojové skříně

Díl	Název	Počet ks	Obrázek č.
1	čelní panel	1	184
2	subpanel	1	185
3	zadní panel	1	186
4	bočnice levá	1	187
5	bočnice pravá	1	187
6	kryt horní	1	188
7	kryt dolní	1	188
8	distanční trubička	4	189
9	podložka pryzová	4	190
10	šroub M3 x 6 mm, zapuštěná hlava	4	-
11	podložka militanová	4	190
12	šroub M3 x 18 mm, válcová hlava	4	-
13	podložka plastová o Ø 5/3,2 mm	16	-
14	šroub M3 x 6 mm, válcová hlava	18	-
15	podložka ocelová o Ø 7/3,2 mm	8	-
16	matica M3	6	-
17	pružina	2	191

Vzhledem k různým vlastnostem materiálů i vybavení nástroji a náradím nejsou uvedeny v ohýbaných dílech (bočnice 4, 5; kryty 6, 7) rozměry rovinutých tvarů. Zkrácení ohybem  $\Delta$  je třeba zjistit zkusem, pro orientaci uvádíme vztah pro vypočet:

$$\Delta = \frac{\pi}{2} \left( R + \frac{t}{3} \right),$$

kde  $R$  je poloměr ohybu,  
 $t$  tloušťka materiálu.

Názorným příkladem sestavy přístrojové skříně jsou přístroje popisované v této kapitole. Výhodou uvedeného řešení přístrojových skříní je, že kromě pákových, popř. tabulových nůžek a ohýbačky stačí běžné vybavení domácí dílny – rýsovací náčiní, pilníky, pilka na kov, vrtačka se stojanem. Celé potřebné vybavení bývá dostupné v dílnách Svažarmu, Domů pionýrů a mládeže a Stanic mladých techniků.

#### Povrchová úprava

Díly z hliníkových slitin se upravují mořením, kterým získávají vzhledový stříbřitý povrch. Vzhledové plochy čelního a zadního panelu se nejdříve kartáčují nebo brouší jemným smirkovým papírem (jedním směrem). Na povrchu nesmí zůstat zřetelně příčné rýhy ani otisky prstů! K moření se používá hydroxid sodný, rozpuštěný ve vodě v poměru 100 g/1 litr. Doba moření je asi 15 minut. Pozor, lázeň na lepítavou pokožku, při reakci se vyvíjí plyn nalepítavý sliznice! Pracujte proto s ochrannými pomůckami ve větraném prostoru! U tvrdších slitin hliníku se na povrchu dílu vytváří tmavý povlak, který se odstraňuje v lázně získané rozředěním koncentrované kyseliny dusičné vodou v poměru 1:2. Prakticky bylo ověřeno i nouzové řešení – otírání v lázně koncentrovaného roztoku kyseliny citronové. Po každé lázně následuje důkladný oplach vodou. Díly je nutno po posledním oplachu otřít čistou tkaninou, aby se při zasychání netvořily na povrchu skvrny a pak nechat úplně oschnout. Neošetřený mořený povrch se velmi snadno znečistí, již pouhý dotek prstů zanechává nevhledné otisky.

Kromě čelního a zadního panelu (určených k popisu, viz dále) proto všechny plochy napouštěme olejem pro šicí stroje.

**Poznámka:** Místo chemické oxidace je možno použít i elektrolytickou – eloxování. Doporučuje se eloxovat v lázně koncentrované kyseliny sírové rozředěné v poměru 1:4 vodou. Je třeba dodržet přibližně shodné plochy elektrod, např. eloxovat díly po dvojicích. Proudová hustota je asi 1 až 2,5 A/dm<sup>2</sup> u stejnosměrného a 3 A/dm<sup>2</sup> u střídavého proudu. Jako zdroj můžeme použít nabíječku akumulátorů. Doba eloxování je asi do 30 minut. Následuje dokonalý oplach. Pórovitý povrch se dále ošetřuje stejně jako po moření.

#### Povrchová ochrana vnějších ploch panelů 1, 3

Vnější plochy popisujeme s maximální opatrností buď neosetřené (suché obtisky Propisot snadno přilnou), nebo je nejdříve přestříkáme co nejtenčí vrstvou bezbarvého laku Pragosorb, který se spreji prodávají prodejny Foto-kino. Vrstvy následují opakováním nástríkem s prodlevou na zaschnutí tak, že teprve při posledních nástríkách se stává povrch laku rovnoměrný. Po dokonalem zaschnutí povrch zdrsníme (stačí zubní pastou) a popisujeme. Popsané panely opět přestříkáme co nejtenčí vrstvou laku opakováním nástríkem.

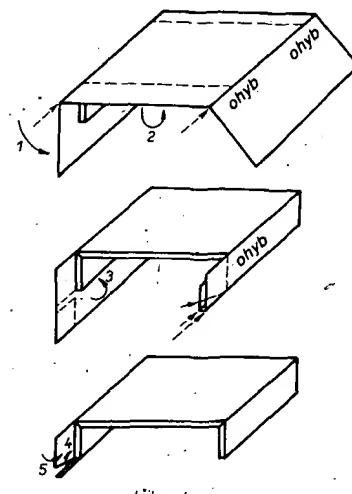
#### Povrchová ochrana krytů 6, 7

V amatérských podmírkách přichází v úvahu především stříkání barvami ve

sprejích nebo polepování fóliemi. Stříkáme pro lepší přilnavost na čistý eloxovaný nebo mořený povrch tenké vrstvy základní a krycí barvy. Efektního vzhledu dosáhneme použitím spreje Rallye – černá, matná. Stříkáme celý vnější povrch a hrany, z vnitřního povrchu jen plochu přilehlou k panelům v šířce asi 8 mm. Plochy přilehlou k bočnicím chráníme při stříkání nalepením pásku izolepy, který po zaschnutí laku odtrhneme. Vrstvu oxidu zářně nehradíme smirkováním. Tím dosáhneme požadovaného vodivého spojení s bočnicemi. **Pozn.:** Uvedený způsob propojení se nedoporučuje, používáme-li bočnice zhotovené z ocelového plechu bez galvanického pokovení. (Styk hliník – železo je pro vodivé propojení nepřípustný. Použijeme proto díl 17.)

U stříkaných povrchů musíme počítat s omezenou dobou života vrstvy, díky menší přilnavosti nevypalovaných laku a nepoužití tzv. reaktivních základových barev.

Další vhodnou povrchovou úpravou je plátování fólií (tapetou), které nevyžaduje předchozí povrchovou úpravu krytů. Nejvhodnější jsou tapety s omyvatelným povchem, jednobarevné, plasticky imitující kůži (popř. se vzhledem dřeva). Tapety lepíme na odmaštěný povrch (Číkuli) lepidlem Chemoprén. Způsob a pracovní postup je zřejmý z obr. 192.



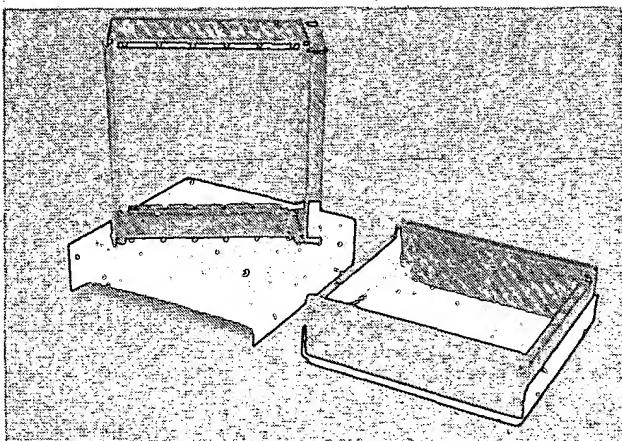
Obr. 192. Postup lepení fólie na kryty

#### Poznámky k montáži a použití

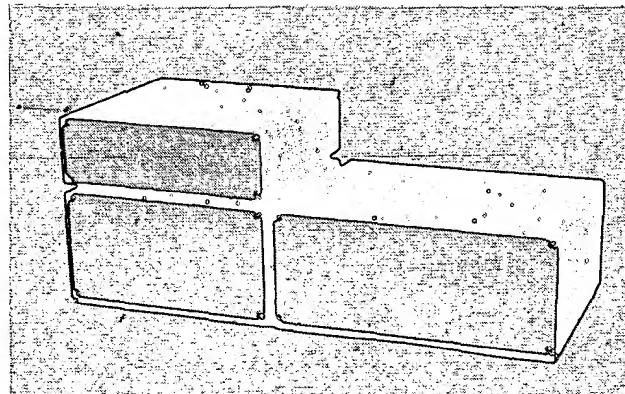
Konečná montáž musí přihlížet k zástavbě. U přístrojů, které mají jednu „půdorysnou“ desku s plošnými spoji, je tato deska součástí základní montáže. Přihlížíme k poloze ovládacích prvků umístěných na desce a procházejících subpanelem a čelním panelem. Přístroj kompletuje na rovné podložce, s výhodou můžeme využívat přímo spodního krytu 7.

Hotová sestava je měřítkem kvality předchozí práce. Při výskytu případných „kosmetických“ vad si však musíme uvědomit, že stejně jako v průmyslové praxi jsou první výrobky vlastně ověřením konstrukce a použitého postupu a způsobu zhotovení.

Ukázka sestavy skříně je na obr. 193, vzhled všech tří popsaných typů skříní je na obr. 194.



Obr. 193. Sestava skříně - ukázka provedení skříně typu I



Obr. 194. Vzhled přístrojových skříní typu I, II a III

## 5. Přístroje ve skříních podle kap. 4

### 5.1 Měříč kapacity a indukčnosti

Přístroj je určen k rychlému měření reaktančních součástek – kondenzátorů a cívek. Zatímco většina univerzálních měřidel, analogových a číslícových multimetrů umožňuje měřit odpor, od ukončení výroby měříč LC typu BM366 schází na trhu cenově dostupný přístroj vhodný pro pohotové měření nejběžnějších kapacit a indukčnosti v dílenšské praxi. Dále popsaný přístroj měří kapacitu od 100 pF (s rozlišitelností jednotek pF) do 40 µF a indukčnost od asi 100 nH (nejnižší rozsah 1 µH) do 400 mH. Cívky menších indukčností jsou většinou zhotaženy jako samonosné, jednovrstvové vinutí, pro něž můžeme s vyhovující přesností použít výpočet indukčnosti z geometrických rozměrů. Cívky s indukčností větší než 400 mH se v praxi vyskytují ojediněle a můžeme je měřit nř. můstky. Předností přístroje je snadné a pohotové měření při experimentálních i servisních pracích. Elektronici ocení možnost kontrolovat cívky a kondenzátory, ať již nové, nebo získané demontáží, před každým užitím. Použitím přístroje učiníme konec tápání při práci s laděnými obvody, neboť cívky, nemůžeme-li je měřit, patří k nejméně oblíbeným součástkám.

#### Základní technické údaje

##### a) Měření kapacity

**Rozsah měření:** v šesti dekadických rozsazích 100 pF až 10 µF zdvojených tlačítkem „x1/x4“.

**Nejmenší měřitelná kapacita:** dáná rozšovací schopností, jednotky pF.

**Chyba měření:** max.  $\pm 10\%$  na rozsazích 100 pF, 10 µF, max.  $\pm 5\%$  na rozsazích 1 nF až 1 µF z plné výchylky ručky měřidla.

**Průběh stupnice:** lineární.

##### b) Měření indukčnosti

**Rozsah měření:** v šesti dekadických rozsazích 1 µH až 100 mH zdvojených tlačítkem „x1/x4“.

**Nejmenší měřitelná indukčnost:** asi 100 nH.

**Chyba měření:** max.  $\pm 10\%$  z plné výchylky ručky měřidla.

**Průběh stupnice:** lineární.

**Referenční teplota:**  $+23^{\circ}\text{C}$ .

**Pracovní teplota okolí:**  $+10$  až  $+35^{\circ}\text{C}$ .  
**Napájení:** sít 220 V, 50 Hz.

**Max. příkon:** 6 VA.

**Jištění:** tavnou pojistkou.

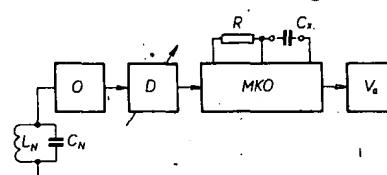
**Osazení:** integrované obvody 6 ks, tranzistory 13 ks, diody 17 ks.

**Rozměry, hmotnost:**  $175 \times 60 \times 190$  mm; asi 1,4 kg.

#### Princip činnosti

##### a) Měření kapacity

Skupinové schéma zapojení měřiče kapacit s lineární stupnicí je na obr. 195.



Obr. 195. Skupinové schéma měřiče kapacity

Oscilátor O kmitá na kmitočtu, určeném parametry laděného obvodu  $L_N, C_N$ . Kmitočet výstupního signálu je dělen děličem D. Podle stupně zvoleného dekadického dělení  $N$  je určen měřicí rozsah. Impulzy z výstupu děliče je spouštěn monostabilní klopný obvod MKO. Dobu kyvadla MKO určuje odpor  $R$  rezistoru a kapacita  $C_x$  měřeného kondenzátoru. U integrovaného MKO typu 74121 platí pro šířku výstupního impulsu

$$t_i = R C_x \ln 2.$$

Bude-li opakovací kmitočet impulsů stálý (zajištěno stabilitou parametrů laděného obvodu  $L_N, C_N$ ) a úroveň  $U_i$  impulsů na výstupu MKO konstantní, platí při měření střední hodnoty napětí  $U_a$  voltmetrem  $V_a$ :

$$U_a = \frac{f}{N} U_i t_i$$

a po dosazení

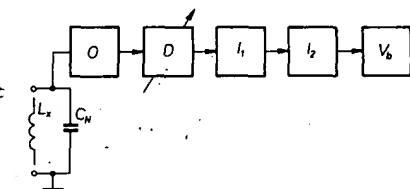
$$U_a = \frac{f}{N} U_i R C_x \ln 2,$$

$$\text{tzn. } U_a \sim C_x$$

– údaj voltmetu je tedy přímo úměrný kapacitě  $C_x$  kondenzátoru.

##### b) Měření indukčnosti

Skupinové schéma měřiče indukčnosti s lineární stupnicí je na obr. 196.



Obr. 196. Skupinové schéma měřiče indukčnosti

Po připojení měřené cívky se oscilátor rozkmitá na kmitočtu daném Thomsonovým vztahem

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_x C_N}},$$

kde  $L_x$  je indukčnost měřené cívky a  $C_N$  kapacita normálového kondenzátoru.

Úpravou dostaváme

$$L_x = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C_N},$$

tzn. indukčnost je nepřímo úměrná čtverci kmitočtu

$$L_x \sim \frac{1}{f^2}.$$

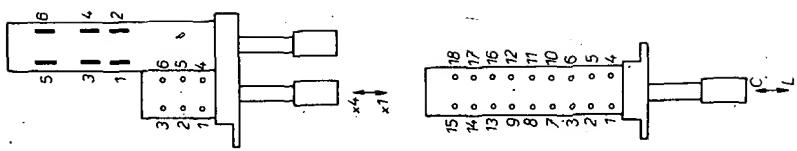
Použijeme-li obvod, který realizuje funkci

$$u_b = \frac{1}{f^2}$$

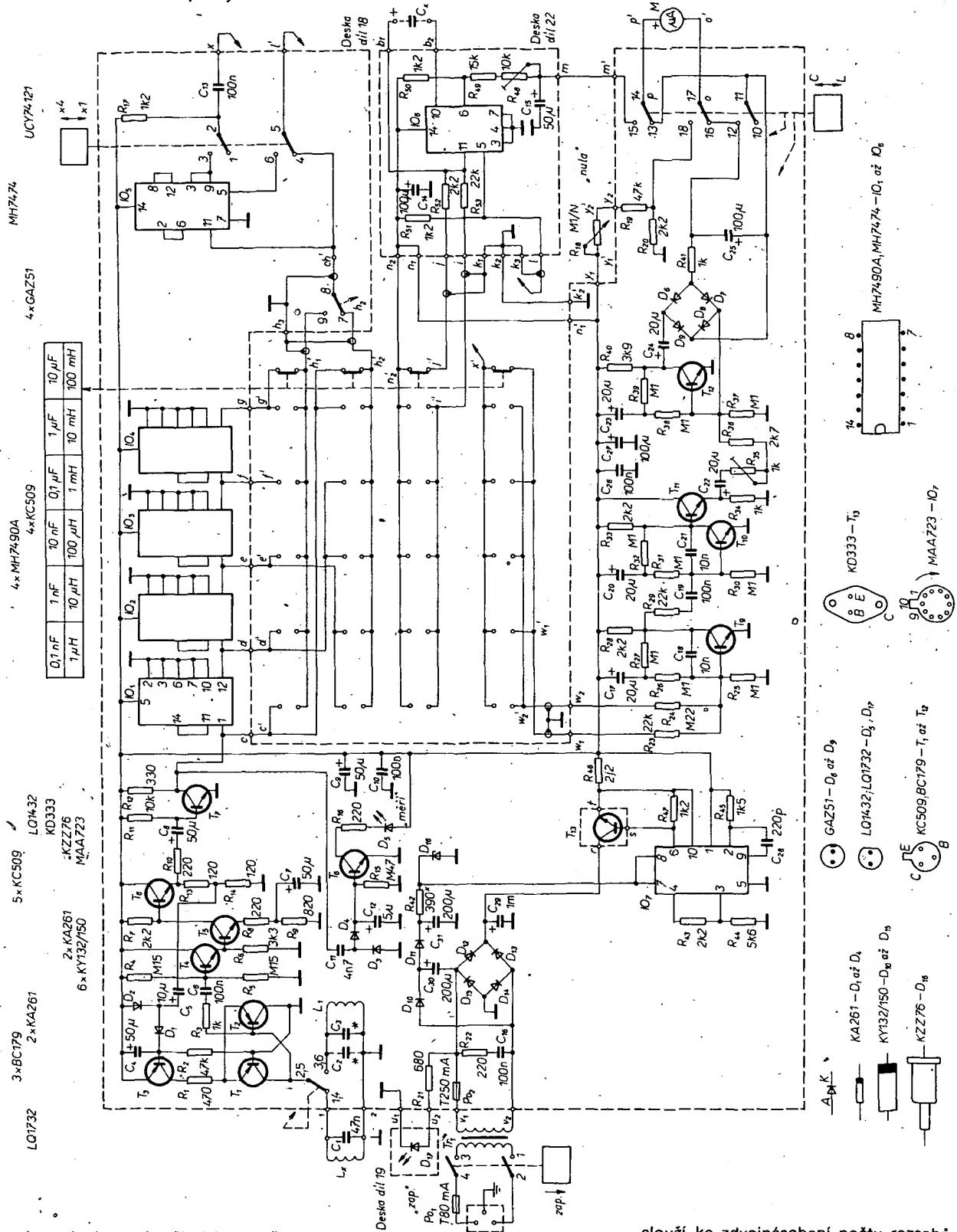
a budeme-li  $u_b$  měřit střídavým voltmetrem, bude údaj voltmetu přímo úměrný indukčnosti. Takovým obvodem je kaskáda dvou integrátorů  $I_1, I_2$ , která tvoří dolní propust, ježliž přenos se zmenšuje se zvyšováním kmitočtu se strmostí 12 dB/okt. Tj. při zvýšení kmitočtu 2x se výstupní napětí zmenší 4x. Dělič kmitočtu D slouží ke změně rozsahu. Vzhledem k funkci  $u_b = \frac{1}{f^2}$  se zařazením dělení 10x zmenší rozsah 100x. Krok změny rozsahu 10x se proto ve skutečném zapojení řeší změnou časové konstanty integrátoru.

#### Popis zapojení

Úplné schéma měřiče kapacit a indukčností je na obr. 197. Oscilátor tvoří emitorově vázaná dvojice tranzistorů  $T_1, T_2$ .



Obr. 197. Schéma měřiče kapacity a indukčnosti



Takové zapojení pracuje v širokém poměru  $L/C$  rezonančního obvodu určujícího pracovní kmitočet. Následuje oddělovací stupeň ( $T_4$ ), zesilovač ( $T_5$ ), emitorový slev-

dovač ( $T_6$ ) a obvod řízení amplitudy s detektorem  $D_1$ ,  $D_2$ , který ovládá proudový zdroj ( $T_3$ ).

Stupeň s  $T_7$  převádí signál na úrovni potřebné pro obvody TTL – děliče kmitočtu ( $IO_1$  až  $IO_4$ ). Dvojitý klopny obvod  $IO_5$

sloví ke zdvojnásobení počtu rozsahů závitkem „x1/x4“. Podle nastavené funkce přístroje přichází signál buď na monostabilní klopny obvod  $IO_6$  při měření kapacity, nebo na kaskádu integrátorů ( $T_{11}$ ,  $T_{10}$ ), sledovač ( $T_{11}$ ), a nf voltmetr ( $T_{12}$ ) při měření indukčnosti. Obvod indikace ( $T_8$ ) svitem diody  $D_5$  signalizuje, že oscilátor kmitá.

## Režim měření kapacity

Oscilátor kmitá na pevném kmitočtu určeném obvodem  $L_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ . Teplotní a časová stabilita laděného obvodu přímo určují vlastnosti přístroje. Proto používáme cívku bez feromagnetického jádra, která má kladný teplotní součinitel indukčnosti, a polystyrénový kondenzátor ( $C_6$ ) se záporným teplotním činitelem kapacity pro částečnou kompenzaci. Jmenovitý pracovní kmitočet není kritický, vyhovuje asi 350 až 500 kHz. K případnému nastavení nebo ke složení kondenzátorů s různými teplotními součiniteli kapacity je určena pozice  $C_2$  na desce s plošnými spoji. Dioda  $D_5$  svítí při měření kapacity trvale i při prázdných měřicích svorkách a přispívá tak k rychlé orientaci obsluhy o tom, v jakém režimu přístroj pracuje. Na nejnižším rozsahu „100 pF“ při měření kapacit se kmitočet oscilátoru nedělí.

Postupným přepínáním přepínače rozsahů na výstupy kaskády děličů  $IO_1$  až  $IO_4$  se měřicí rozsah zvyšuje vždy 10x až po „1  $\mu F$ “. Další rozsah „10  $\mu F$ “ se získává přepojením rezistoru  $MKO$  z  $R_{53}$  na  $R_{52}$  s 10x menším odporem.

Při stisknutí tlačítka „x1/x4“ se zařazuje přídavné dělení kmitočtu 4x dvojicí klopových obvodů z  $IO_5$  a tím se zvětšuje i nastavený rozsah 4x. Monostabilní klopný obvod  $UCY74121$  ( $IO_6$ ) je spouštěn náhěžnou hranou impulsu přívaděných na vstup  $S$ . Díky hysterezi na tomto vstupu (Schmittův klopný obvod) se zlepšuje šumová imunita a tvaruje se signál. Výstupní signál je odebírána z výstupu  $Q$  (vývod 6). Odporem  $R_{50}$  je zajištěna konstantní výška impulsu (odpovídá napájecímu napětí). Trimr  $R_{46}$  je základní prvek kalibrace v režimu měření kapacit,  $C_{15}$  potlačuje kmitání ručky měřidla na nejvyšších rozsazích. Obvod  $R_{18}$ ,  $R_{19}$ ,  $R_{20}$  slouží k kompenzaci nežádoucí výchylky ručky při prázdných měřicích svorkách, která je způsobena nenulovým napětím výstupu 6 obvodu  $IO_6$  při logické úrovni L, a parazitní kapacitou svorek a přívodu.

## Režim měření indukčnosti

Pracovní kmitočet oscilátoru určuje rezonanční obvod  $L_x$ ,  $C_1$ . Jakost  $C_1$  ovlivňuje stabilitu přístroje a nejmenší měřitelnou indukčnost. Nejvhodnější jsou typy kondenzátorů s izolací polystyrénovou fólií, zejména typy s potlačenou vlastní indukčností. Po připojení měřené cívky se oscilátor rozkmitá, dioda  $D_5$  (žlutá) se rozsvítí. Nesvítící dioda značí převážně vadnou cívku nebo cívku s velmi malou indukčností. Rozsahy se mění střídavě přepínáním výstupů dekadických děličů  $IO_1$ ,  $IO_2$  (změna rozsahu 100x) a rezistorů  $R_{23}$  a  $R_{24}$  (změna rozsahu 10x)..

Na nejnižším rozsahu (připojen  $R_{24}$ ) je zařazen nejvyšší stupeň dělení, tj. signál se odebírá z výstupu  $IO_2$  a připojeny jsou oba klopové obvody z  $IO_5$ . Jeden z nich je zařazen trvale – dělením dvěma je zajištěno, že na integrátory vždy přichází signál se střídou 1:1. Druhý klopný obvod se vyřazuje při zvětšení rozsahu stisknutím tlačítka „x1/x4“. Integrátory jsou osazeny tranzistory  $T_9$ ,  $T_{10}$  typu KC509. Integračními kondenzátory jsou  $C_{18}$  a  $C_{21}$ . S ohledem na časovou a teplotní stabilitu jsou použity polyesterové kondenzátory typu TC 279, popř. polystyrénové kondenzátory typu TGL 5155.

Emitorový sledovač ( $T_{11}$ ) brání nežádoucímu zatěžování druhého integrátoru. Na jeho výstup s malou impedancí je připojen obvod nf milivoltmetru osazený tranzistorem  $T_{12}$ . Výhodou je jednodu-

host zapojení, nevýhodou nutnost použít neperspektivní prvky – čtevici germaniových diod GAZ51. Základním prvekem kalibrace pro měření indukčnosti je  $R_{35}$ .

Předností obvodového řešení celého přístroje je napájení pouze jediným napájecím napětím +5 V. Napájecí zdroj zajišťuje požadovanou stabilitu napájecího napětí, která přímo ovlivňuje výsledky měření. Současně umožňuje použít nejrůznější síťové transformátory ze sortimentu transformátorů, určených pro přenosné přijímače s napájecím napětím 9 V. Nejobjektivnější zkouška pro zjištění, zda ten či onen transformátor může použít, spočívá v tom, že zapojíme na zkoušební desce obvod usměrňovače  $D_{12}$  až  $D_{15}$  s vyhlašovacím kondenzátorem  $C_{29}$  a připojíme jej k transformátoru (i s tavnými pojistkami). Po zapnutí obvodu zatížíme reostatem nebo zatěží z pevných rezistorů proudem asi 200 mA. Změříme napětí sítě  $U_s$  a výstupní stejnosměrné napětí  $U_{ss}$ . Dosazením do uvedeného vztahu spočítáme, jaké stejnosměrné napětí  $U_{ss\ min}$  dosudame pro napětí sítě 198 V (tj. 220 V – 10%):

$$U_{ss\ min} = U_{ss} \frac{198}{U_s}$$

Bude-li výsledné napětí v rozmezí 8 až 12 V, transformátor vyhovuje. Za cenu většího rozptýleného výkonu na regulačním tranzistoru  $T_{13}$  můžeme připustit i větší napětí, např. 12 až 18 V. V takovém případě neosazujeme obvod násobiče napětí  $D_{10}$ ,  $D_{11}$ ,  $C_{30}$ ,  $C_{31}$ ,  $R_{42}$ ,  $D_{16}$  a připojíme

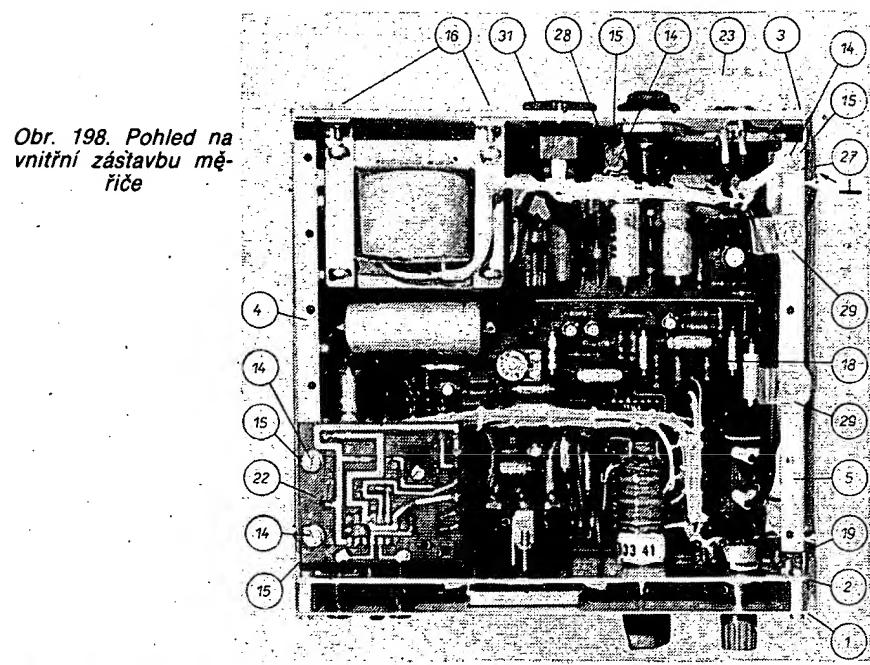
stabilizátor  $IO_7$  (vývody 7, 8) přímo na kladný pól  $C_{29}$ . Integrovaný stabilizátor typu MAA723H je zapojen v doporučeném zapojení (podle výrobce).  $R_{46}$  určuje zkratový proud obvodu – proudové omezení – asi na 280 mA. Výstupní napětí stabilizátoru (5 V ± 0,25 V) určují rezistory  $R_{43}$ ,  $R_{44}$ . Sekundární obvod transformátoru je chráněn tavnou pojistikou, aby byl transformátor jištěn při poruchových stavech, kdy ještě nevpíná pojistka v primárním obvodu (zkraty v obvodu násobiče napětí). Člen  $C_{22}$ ,  $C_{16}$  potlačuje rušení vznikající spínacími jevy na usměrňovacích diodách.

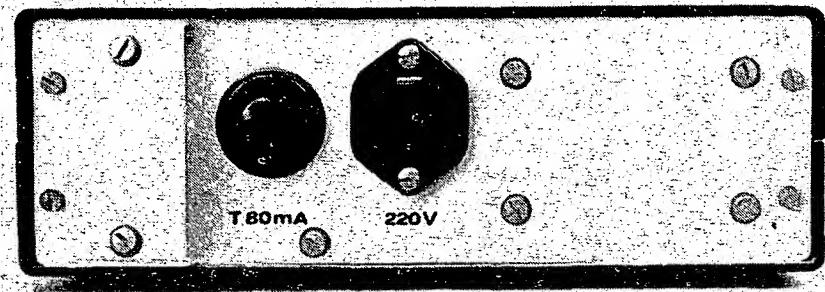
Provozní stav přístroje indikuje svítivá dioda  $D_{17}$ , normou předepsané zelené barvy. Je napájena jednocestně usměrněným (pulsujícím) napětím. Tím je zajištěno, že zhasíná okamžitě po vypnutí síťového tlačítka, zatímco při běžném napájení filtrovaným usměrněným napětím by pohasinala se zpožděním, závislým na vybíjení  $C_{29}$ . Schéma na obr. 197 respektuje některá doporučení pro provedení uživatelské dokumentace. Čárkované čáry ohraňují obvody umístěné na deskách s plošnými spoji. Označení kontaktů přepínačů a přehled zapojení vývodů použitých polovodičových prvků usnadňuje zhotovení, oživení a nastavení i opravy přístroje.

## Konstrukční provedení

Přístroj je vestavěn do přístrojové skříně typu I. Pohled na vnitřní záštitu je na

Obr. 198. Pohled na vnitřní záštitu měřítka





Obr. 200. Pohled na zadní panel měřiče

obr. 198, čelní pohled na obr. 199 a pohled na zadní stěnu na obr. 200. Číselnání základních dílů skříně odpovídá obr. 182 a tabulce v závěru kap. 4, ostatní díly jsou uvedeny v rozpisce mechanických dílů. Většina součástek je na základní desce s plošnými spoji 18. Obvod monostabilního klopného obvodu  $IO_6$  na samostatné desce 22 je pro dosažení minimálních parazitních kapacit umístěn v těsné blízkosti měřicích svorek. Obrazec plošných spojů desek 18, 22 i držáku 19 svítivé diody  $D_{17}$  je na obr. 201. Jejich vrtací

předpis je na obr. 202 a osazovací plán na obr. 203.

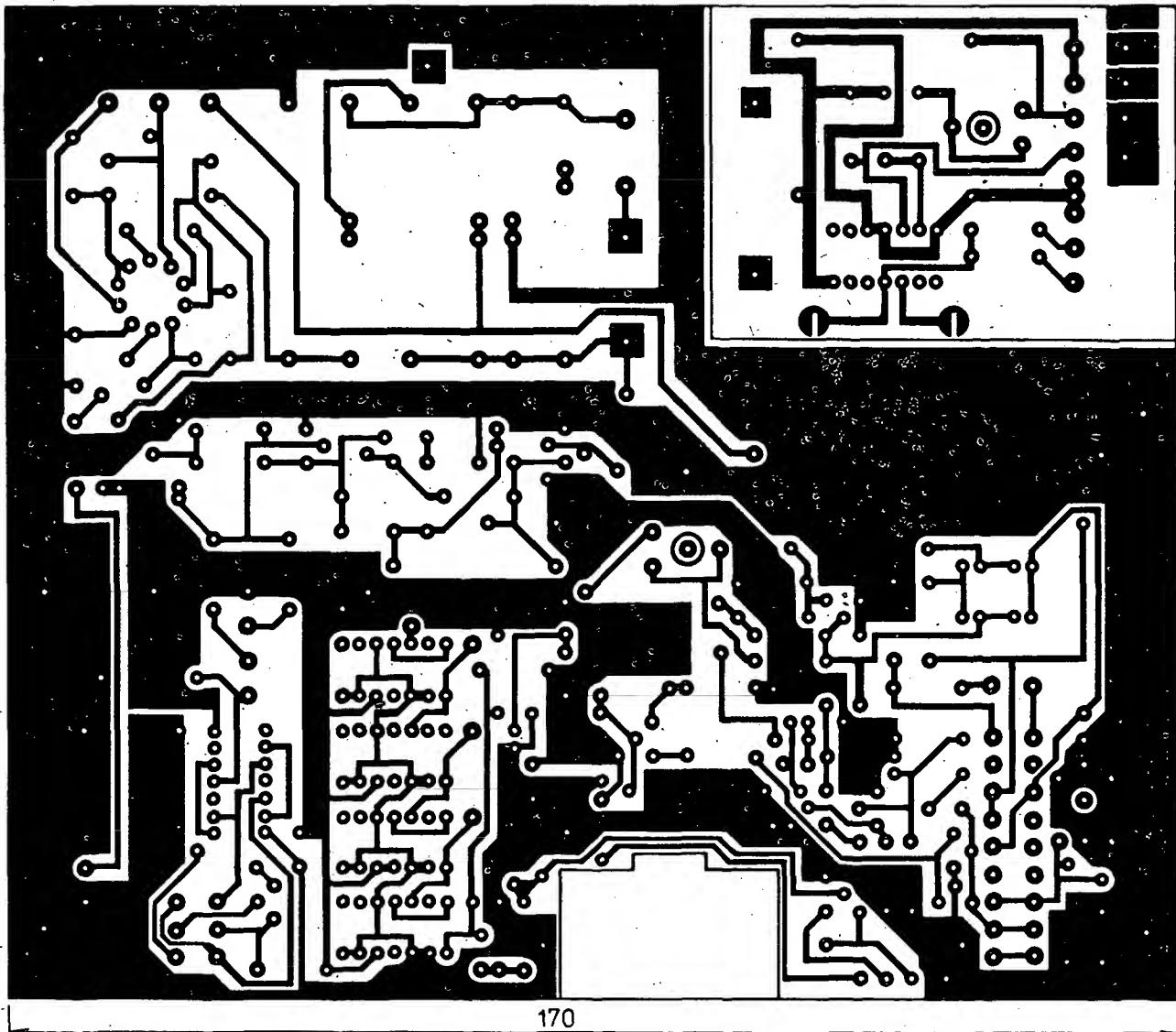
Výkresy panelů jsou na obr. 204, 205, 206, kryt tranzistoru je na obr. 207.

Na subpanelu jsou připevněny měřicí svorky (dvozdírky WK 454 03), měřidlo M, potenciometr  $R_{18}$  a držák svítivé diody  $D_{17}$  – viz obr. 209. Na zadním panelu jsou upevněny síťový transformátor, síťová přívodka, pojistkové pouzdro, úhelníček, zpevňující uchycení desky 18 a tranzistor  $T_{13}$  s ochranným krytem 23. Tranzistor  $T_{13}$  je připevněn izolovaně podle obr. 210.

Rozsahy se přepínají otočným přepínačem. Ve vzorku byl použit přepínač typu WK 533 41 se čtyřmi segmenty, zapojený podle obr. 208. Vzhledem k ceně přepínače stojí za úvahu použít typ WK 533 38 (i za cenu méně pohodlného zapojení), nebo přepínač z řady TS 121, např. 121 3122/06. Ostatní přepínače jsou tlačítkové typu Isostat. Pro přepínání funkce  $C/L$  je použito aretované tlačítko s šestci přepínačům kontaktů. Síťový spínač a přepínač „x1/x4“ tvoří tlačítkovou soupravu sestavenou z tlačítka s dvojicí přepínačních kontaktů (s aretací) a ze síťového tlačítka, tlačítka jsou těsně u sebe. Přepínače jsou zapojeny do desky s plošnými spoji 18. Propojovací vodiče jsou uspořádány převážně do dvou svazků (obr. 208). Jeden slouží k propojení síťových obvodů, včetně propojení kostry přístroje s kontaktem vývodky, připojeným k ochrannému vodiči; druhý k propojení součástí, umístěných na subpanelu, s deskou MKO aj.

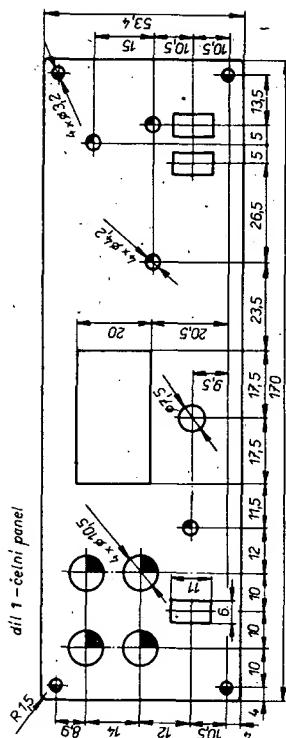
#### Stavba přístroje

Zhotovíme mechanické díly uvedené v rozpisce. Polohu děr, označených na výkresu zadního panelu hvězdičkou, přizpůsobíme použitímu síťovému transformátoru. Podle možností a trpělivosti zvo-

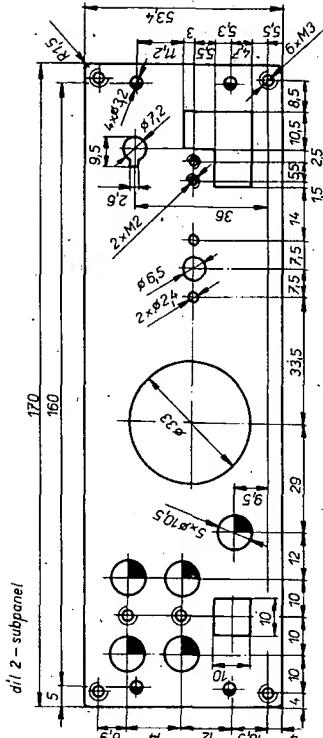


170

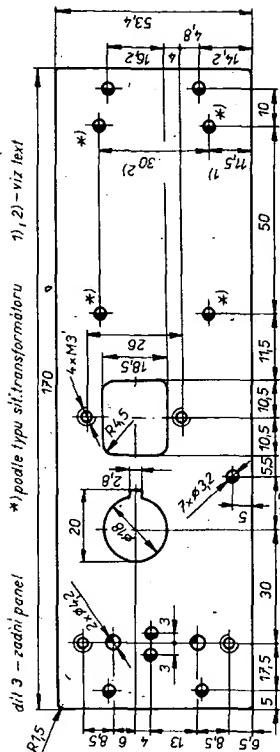
Obr. 201. Obrazec plošných spojů T203 měřiče



Obr. 204. Výkres čelního panelu měřiče



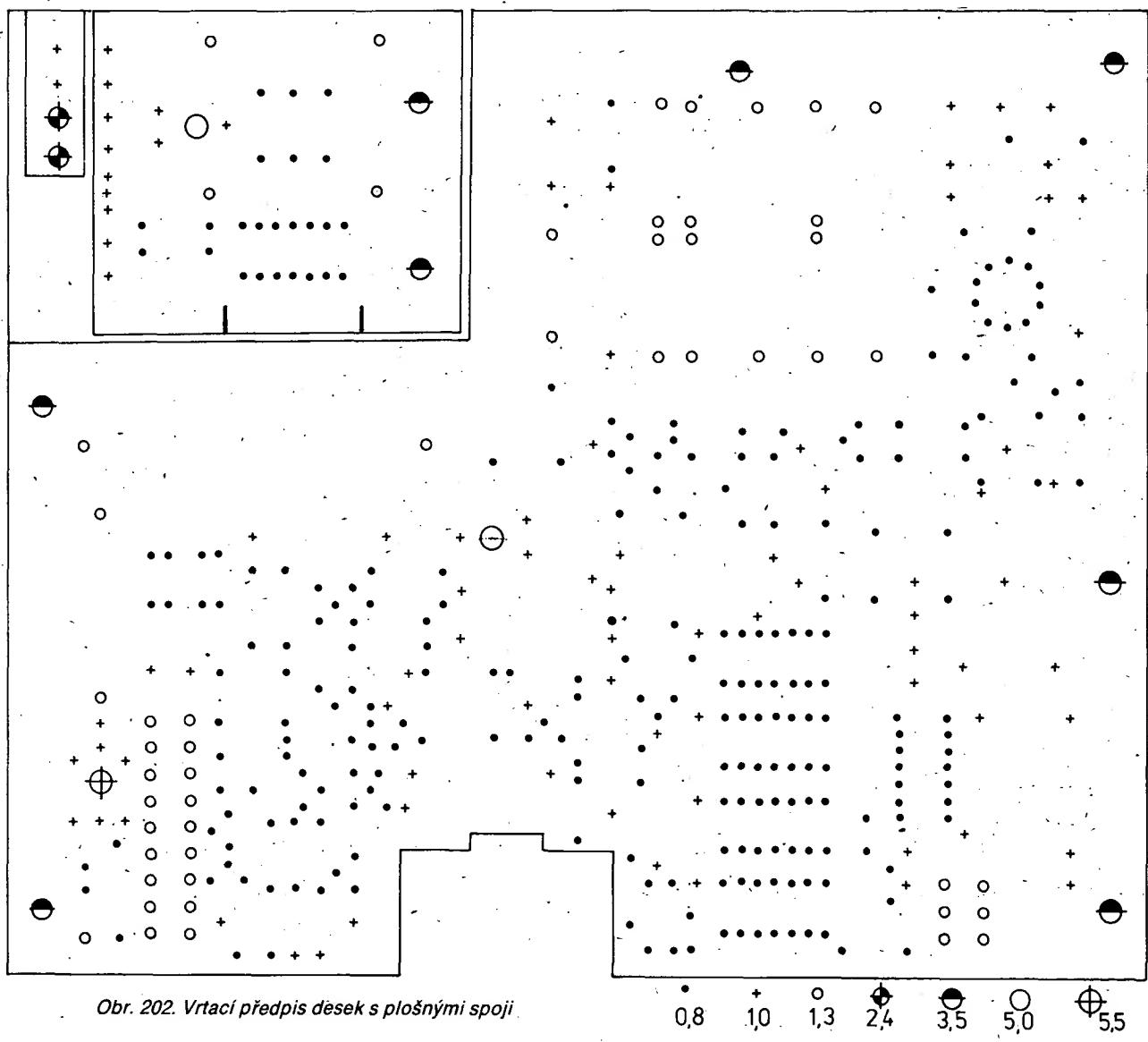
Obr. 205. Výkres subpanelu měřiče



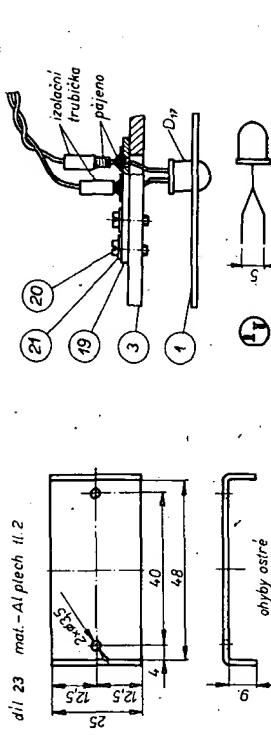
\*1) podle typu síťtransformátoru

1), 2) - viz text

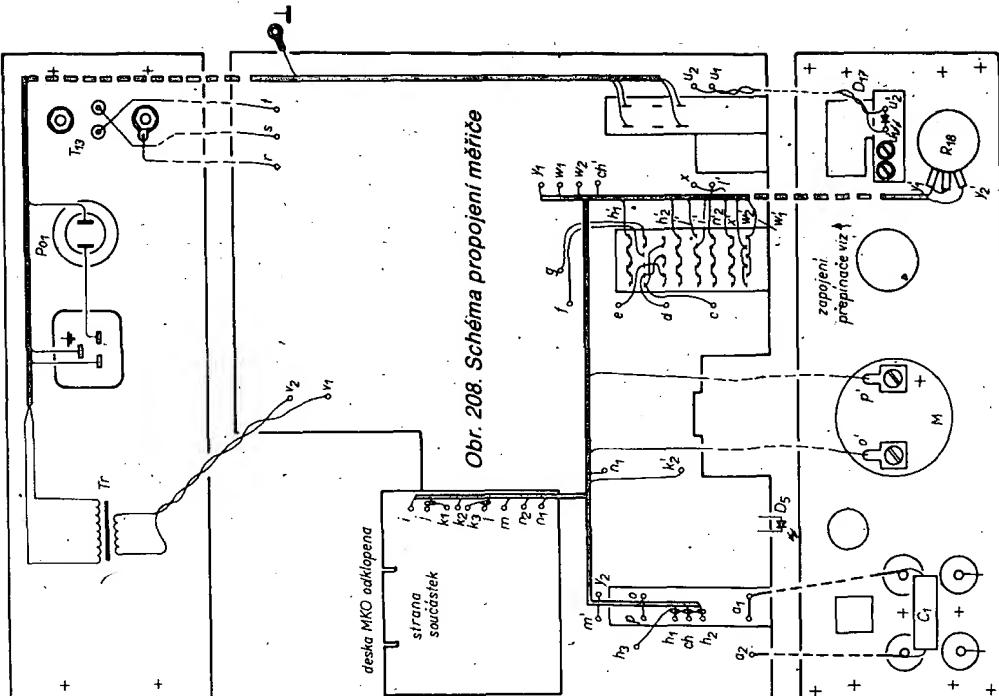
Obr. 206. Výkres zadního panelu měřiče



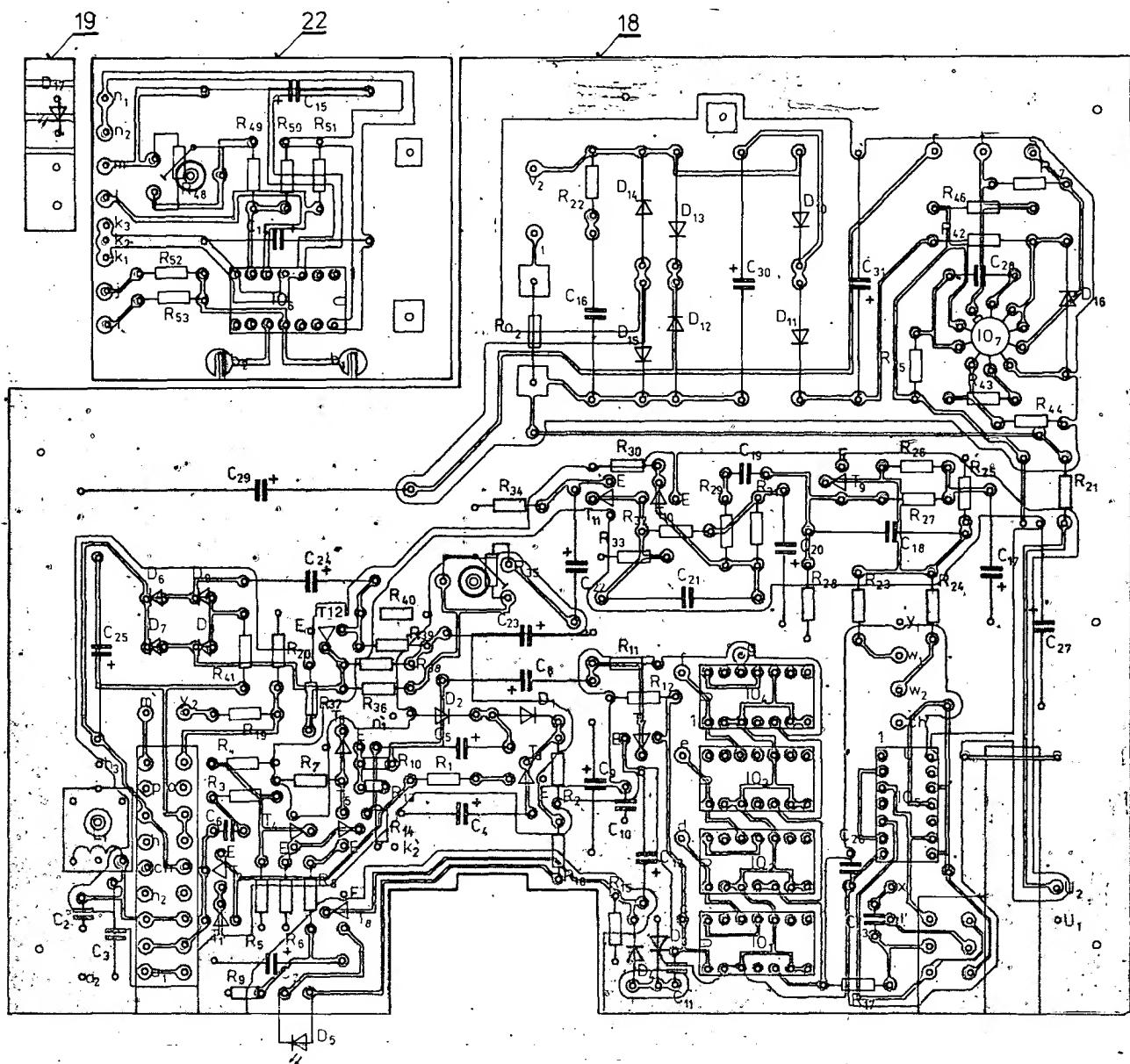
Obr. 202. Vrtací předpis děsek s plošnými spoji



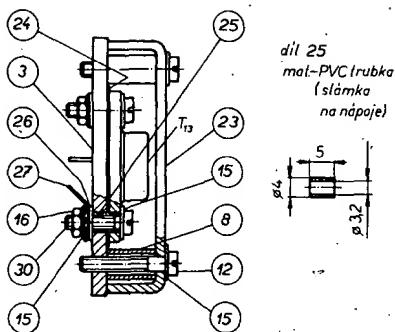
Obr. 207. Kryt tranzistoru



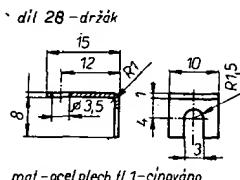
Obr. 208. Schéma propojení měřic



Obr. 203. Osazovací plán desek s plošnými spoji



Obr. 210. Montáž  $T_{13}$  na zadní panel

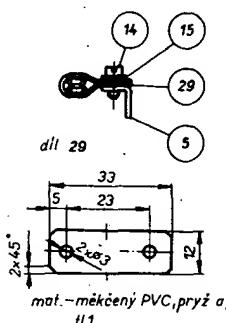


Obr. 211. Držák pro uchycení desky s plošnými spoji k zadnímu panelu



100 závitů; drát ø 0,08 mm CuL,  
impregnace parafinem  
kostka - OF26073 (čelíško bez  
špiček QA26145)  
kryt - QA69158 (neznázorněn)

Obr. 212. Provedení cívky  $L_1$



Obr. 213. Upevnění sítových vodičů vedených ke spinači

límé provedení větracích otvorů na krytech přístroje. (Např. 12 štěrbinových otvorů  $3 \times 30$  mm v rozteči 12 mm a vzdálených 30 mm od zadní hrany krytu.) Při vrtání kruhových větracích dér může být maximální průměr díry 3,8 mm. Plocha všech vrtaných dér by měla být srovnatelná s plochou všech štěrbinových průduchů.

Novinkou v dokumentaci desek s plošnými spoji v AR je vrtací předpis na obr. 202. Před osazením desek pečlivě kontrolujeme spoje a případné závady odstraníme. Zdvojené čáry na osazovacím plánu - obr. 203 - značí drátové propojky. K propojení používáme vodiče o  $\varnothing 0,5$  mm. Propojku umístěnou mezi rezistory  $R_{25}$  a  $R_{21}$  ponecháme zatím rozpojenou. Kontakty držící Po2 získáme demontáží ze starších zařízení, v nouzi je zhotovíme sami. Tlačítkové přepínače do desky nasuneme, ale nepájíme. Neosazujeme diodu  $D_5$ , nepájíme ani naznačený trmínek z propojovacího vodiče, zpevňu-

jící síťové tlačítko. Doporučené provedení cívky je na obr. 212. Pozice  $C_2$ ,  $C_3$  osazujeme podle pokynů v odst. „Nastavení“. Před další prací je výhodné na zkoušku složit celý přístroj po mechanické stránce.

Dvojzdírky jsou k subpanelu připevněny šroubkou M3 x 10 mm s podložkou. Měřidlo je podloženo pásky molitanu (těsnění do oken) tak, že příměřeným uzařením upevňovacích šroubů dosáhneme toho, že právě přiléhá k čelnímu panelu. Výhodné je doplnit ze spodní strany stupnice měřidla označením délky 0-100-200-300-400. Montáž  $D_{17}$  popisuje obr. 209, tranzistoru  $T_{13}$  obr. 210. V poloze, kdy hmatníky tlačítkových přepínačů procházejí symetricky otvory v čelním panelu, zapojíme přepínače do desky, včetně zpevňovacího třmíku síťového tlačítka. Osadíme diodu  $D_5$  tak, aby se nacházela v úrovni čelního panelu jako  $D_{17}$  a zapojíme ji do desky. Hřídele přepínače rozsahů a potenciometru  $R_{18}$  zkrátíme tak, aby vychíňaly nad úroveň čelního panelu 5 až 5,5 mm. Potom přístroj demontujeme a díly povrchově upravíme. Čelní a zadní panel popišeme podle obr. 199 a 200. Propisoty 3 VMN 97 02,5 černé a červené barvy. Červené jsou znaky „+“ a „C“ u měřicích svorek, horní číslice stupnice přepínače rozsahů; jednotky „nF“, „μF“ a znak nuly u potenciometru  $R_{18}$ . Tedy vše, co má souvislost s měřením kapacity. Definitivně sestavíme mechanické díly. Upevníme součásti na subpanel. Kontakty přepínače rozsahů před montáží propojíme mezi sebou neizolovaným vodičem o  $\varnothing 0,2$  až  $0,5$  mm podle obr. 208. Po osazení zadního panelu ověříme ohmmetrem izolované upevnění tranzistoru  $T_{13}$ . Zkompletuujeme sestavu - mimo desku MKO, čelní panel a horní a dolní kryt. Obvody propojíme připraveným drátovým svazkem, nebo postupně jednotlivými vodiči, které potom do svazku vyzážeme. Při propojení vycházíme z obr. 208 a obr. 197. Body c-c', d-d', e-e', f-f', g-g' jsou propojeny vodiči o  $\varnothing 0,5$  mm s různobarevnými izolacemi přímo mezi desku s plošnými spoji a přepínačem. Stejným typem vodičů je připojen tranzistor  $T_{13}$  (do bodů r, s, t) i dioda  $D_{17}$ . Přívody k ní - vodiče  $u_1 - u_1$ ,  $u_2 - u_2$  jsou vzájemně zkrouceny.

Při spojení ve svazcích použijeme přednostně tenká izolovaná lanka. Vodiče  $w_1 - w'_1$ ,  $w_2 - w'_2$ ,  $i - i'$ ,  $j - j'$ ,  $h_1 - h'_1$ ,  $h_2 - h'_2$ ,  $ch - ch'$  a  $l - l'$ , jsou tenké kablky. Připojení stínění je většinou zřejmé z obr. 197. U vodičů  $w_1 - w'_1$ ,  $w_2 - w'_2$  jsou stínění připojena na zemnici očko potenciometru  $R_{18}$ .

Pozn. Body  $g$  značí u  $R_{18}$  začátek odporové dráhy. Měřicí svorky L jsou propojeny s body  $a_1$ ,  $a_2$  pocičovaným vodičem o  $\varnothing 0,8$  až  $1$  mm. Pájecím bodem  $a_1$  jsou kontakty 1 a 4 přepínače! Přímo na svorkách, s minimální délkou vývodů, je připájen  $C_1$ . K měřicím svorkám C jsou připájeny měřicí vodiče o  $\varnothing 0,5$  mm, směřující vzhůru v délce asi 10 mm. Jsou připojeny na pájecí body  $b_1$ ,  $b_2$  (se zárezem) a tím přizpůsobeno pro snadnou montáž a demontáž desky MKO, kterou pak lze odkládat po odšroubování dvojice šroubek M3. Při pájení na očka, vývody přepínačů atd. přetahujeme přes pájené spoje, izolační plastové trubičky (tzv. bužírky). U vodičů pod síťovým napětím nesmí být v přístroji žádný neizolovaný kontakt. K propojení síťová přívodka - pojistkové pouzdro - síťový spínač - primární vinutí transformátoru je použita dvojlinka s jádrem z měděného lanka o průřezu  $0,95$  mm<sup>2</sup>. Přívod ke spínači je připevněn dvěma pásky - díl 29, podle obr. 213. Ochranný kolík přívodky je spojen s kostrou vodi-

čem s izolací předepsané žlutozelené barvy. Získáme jej např. z třípramenné flexošňůry. Místo „ukostření“ na pravé bočnici je označeno na obr. 198. Vyžadujeme kvalitní spoj - vodič je připojen ke kabelovému oku, překrytému podložkou a dotaženému šroubem M3 x 6 mm. Nezapomeneme jej zakápnout lakem, aby se samovolně neuvolnil otřesy. Všechny uvedené díly spoje musí mít kvalitní antikorozní úpravu.

Poslední operaci montáže je připevnění čelního panelu.

### Nastavení

Nejdříve oživíme napájecí zdroj - spojka propojující zdroj s ostatními obvody je stále rozpojena. Jestliže nevznikla chyba při montáži a nebyla osazena vadná součástka, musí zdroj pracovat na první zapojení.

Odpor rezistoru  $R_{42}$  upravíme tak, aby rezistorom protékal proud 15 až 20 mA (měříme na něm úbytek napětí a počítáme). Liší-li se výstupní napětí od požadované velikosti  $+5 \text{ V} \pm 0,25 \text{ V}$ , změníme  $R_{43}$  nebo  $R_{44}$  (např. připájením přídavného rezistoru parallelně k jednomu z nich ze strany spojů). Ověříme funkci elektronické pojistiky připojením náhradní zátěže a postupným zvětšováním odebíraného proudu při současné kontrole výstupního napětí. Při odběru do 200 mA by se napětí nemělo patrně měnit. Zapojíme propojku a tak připojíme ostatní obvody. Přepneme přístroj na měření kapacity. Oscilátor musí kmitat, dioda  $D_5$  svítit. Orientačně zjistíme pracovní kmitočet oscilátoru. Nemáme-li k dispozici čítač, plně vyhoví odpolech 2. harmonické oscilátoru tranzistorovým přijímačem v pásmu středních vln. Pracovní kmitočet má být asi 350 až 500 kHz. Osciloskopem se můžeme přesvědčit na výstupech 1/2 obvodů  $IO_1$  až  $IO_4$ , je-li základní kmitočet postupně dělen. Při prázdných svorkách a nastaveném nejnižším rozsahu musí být možno nastavit potenciometrem  $R_{18}$  nulovou výchylku měřidla.

Na měřicí svorky připojíme kvalitní přesný kondenzátor (alespoň 1 %) s kapacitou blízkou max. kapacitě rozsahu - nejlepše 10 nF, 0,5 %; polystyrenový typu WK 71601, TC 279 apod. Trimrem  $R_{48}$  nastavíme požadovanou výchylku ručky měřidla na příslušném rozsahu. Nelze-li kapacitu nastavit, nebo je-li běžec trimru v těsné blízkosti „dorazů“, upravíme odpor  $R_{49}$ . Podobně úpravou  $R_{18}$  přip. i  $R_{20}$  dosáheme toho, aby potenciometr  $R_{18}$  byl natočen přibližně do střední polohy při nastavené nule měřidla. Podle možnosti (dostupných kondenzátorů větších kapacit) ověříme chybu měření na dalších rozsazích. Chybu měření na rozsahu „ $10 \mu\text{F}$ “ ovlivuje poměr odporů rezistorů  $R_{52}$  a  $R_{53}$ , který má být 1:10.

Poslední rozsah je používán téměř výhradně k měření elektrolytických kondenzátorů s běžnou výrobní tolerancí  $-10$  až  $+100$  % a nezanedbatelnými ztrátami. Požadavky na přesnost jsou proto minimální a pro  $R_{52}$  a  $R_{53}$  jsou předepsány tolerance  $\pm 5$  %.

Přístroj přepneme do funkce měření indukčnosti. Připojíme kvalitní cívku známé indukčnosti blízké  $100 \mu\text{H}$ . Můžeme použít robustní křížově vinutou DV cívku ze starších přijímačů, z níž odstraníme jádro a podle potřeby upravíme počet závitů. Ověříme ji na obdělníček skloa-

minátu a opatříme krátkými vývody s banánky. Po připojení cívky se musí dioda  $D_5$  rozsvítit. Zařadíme příslušný rozsah a trimrem  $R_{35}$  nastavíme požadovanou výchylku ručky přístroje. Podobně jako při kalibraci při měření kapacit upravíme podle potřeby odpor rezistoru  $R_{36}$ . Pro změnu rozsahu 10x se přepínají  $R_{23}$ ,  $R_{24}$ . Požadujeme, aby  $R_{24}$  tvořil desetinásobek  $R_{23}$ . Nemáme-li možnost použít rezistory s tolerancí odporu  $\pm 1\%$ , musíme je změřit na přesném měříci a případně složit např. z rezistorů typu TR 213.

Po nastavení celého přístroje ošetříme desky s plošnými spoji a zakápneme lakem všechny šroubové spoje, je vhodné důkladně provéřit vlastnosti měřiče v obou režimech, např. kontrolovat „dobu náběhu“ tak, že k přístroji, který nebyl alespoň 30 minut v provozu, připojíme stabilní kondenzátor nebo cívku a zapneme jej. Od prvního okamžiku po zapnutí sledujeme a zapisujeme měřeny údaje. Nejdříve po minutách, pak kontrolní intervaly prodlužujeme na desítky minut a po asi 3 hodinách, kdy je předpoklad dostačujícího prohřátí přístroje, zkoušku ukončíme. Dále zkoušíme vliv vnějšího ohřevu obvodů teplým vzduchem (vysoušečem vlasů) pro získání představy o závislosti chyb měření na teplotě. Přitom dbáme, abychom neohřívali současně měřenou součástku.

#### Poznámky k použití

I když způsob měření je jednoduchý, uvědeme stručný návod k obsluze.

Po připojení k síti zapneme přístroj stisknutím síťového tlačítka. Současně se nad tlačítkem rozsvítí kontrola zelené barvy. Zvolíme režim přístroje tlačítkem „L/C“. Připojíme měřenou součástku k příslušným svorkám. V režimu měření kapacit bude svítit trvale i žlutá kontrolka „MĚŘÍ“. Při měření indukčnosti se rozsvítí až po připojení cívky. Přepínačem rozsahu a tlačítkem „x1/x4“ nastavíme vhodný rozsah a přečteme kapacitu nebo indukčnost.

Přístroj nevyžaduje zvláštní údržbu. Doporučujeme kalibrační kondenzátor a cívku uchovávat jako etalon pro občasné kontrolu a kalibraci. Podle možností je vhodné kontrolovat periodicky stabilitu jejich parametrů. Dále doporučujeme uživatelům, aby si podle vlastní fantazie a možností zhotovili přípravky k měřicím svorkám (např. krokovskory opatřené kolíkem z banánu, pružinové kontakty aj.). Přípravky pomohou jednak urychlit připojování, jednak připojení přímo na měřicí svorky je pro měření malé indukčnosti a malé kapacity nezbytné.

#### Rozpiska mechanických dílů

Rozpiska uvádí jen nové díly, neuvedené v tabulce v kapitole 4 a díly, které jsou upraveny:

Díl	Název	Počet ks	Obrázek č.
1	čelní panel	1	204
2	subpanel	1	205
3	zadní panel	1	206
18	deská s plošnými spoji (základní)	1	203
19	deská s plošnými spoji (držák $D_{17}$ )	1	203

20	šroub M2 x 5 – válcová hlava	2		$C_5$	10 $\mu$ F, TE 981
21	podložka o $\varnothing$ 5/2,2 mm	2		$C_6$ , $C_{13}$ , $C_{16}$ , $C_{19}$ , $C_{20}$	100 nF, TK 783 (C <sub>16</sub> i TC 180)
22	deská s plošnými spoji (MKO)	1	203	$C_{10}$	100 nF, TK 783
23	kryt tranzistoru	1	207	$C_{11}$	4,7 nF, TK 744 (TK 764)
24	podložka slídová pod pouzdro tranzistorů řady KD330	1		$C_{12}$	5 $\mu$ F, TE 984
25	trubička izolační	2	210	$C_{14}$ , $C_{27}$	100 $\mu$ F, TE 981
26	podložka pertinaxová o $\varnothing$ 7/3,2 mm	2		$C_{15}$	50 $\mu$ F, TE 986
27	oko pájecí jednostranné o $\varnothing$ 3,2 mm	1		$C_{17}$ , $C_{20}$	20 $\mu$ F, TE 981
28	držák pásky	1	211	$C_{18}$ , $C_{21}$	10 nF/J, TC 279 (TGL 5155)
29	páska	2	213	$C_{22}$ , $C_{23}$	20 $\mu$ F, TE 981
30	šroub M3 x 10 mm, válcová hlava	10		$C_{25}$	100 $\mu$ F, TE 984
31	šroub M3 x 10 mm, zápuštěná hlava	2		$C_{28}$	220 pF, TK 794 (TK 774)
				$C_{29}$	1 mF(1000 $\mu$ F), TE 675
				$C_{30}$ , $C_{31}$	200 $\mu$ F, TE 988

#### Diody

$D_1$ až $D_4$	KA261
$D_5$	LQ1432
$D_6$ až $D_9$	čtvrtice GAZ51
$D_{10}$ až $D_{15}$	KY132/150
$D_{16}$	KZZ6
$D_{17}$	LQ1732

#### Tranzistory

$T_1$ , $T_2$ , $T_3$	BC179
$T_4$	KC509
$T_5$ , $T_6$	KC508 (KC507, KC509)
$T_7$ , $T_8$	KC509
$T_9$ , $T_{10}$ , $T_{11}$ , $T_{12}$	KD333 (KD335, 337, KU611, 612)
$T_{13}$	

#### Integrované obvody

$IO_1$ až $IO_4$	MH7490A
$IO_5$	MH7474
$IO_6$	UCY74121
$IO_7$	MAA723(H)

#### Transformátor

9 WN 667 27 – sek.  $2 \times 9,3$  V/0,5 A; EI20x16 nebo  
9 WN 667 20, 9 WN 667 50, 9 WN 667 90, 9 WN 667 49, TR16-0 (zvonkový)

#### Ostatní součástky

M měřidlo MP40; 100  $\mu$ A; 2,5 %;  $R_1 = 1800 \Omega$   
 $\pm 25\%$

$Po_1$  pojistková vložka T 80 mA  
 $Po_2$  pojistková vložka T 250 mA

#### Konstrukční prvky

Dvojzdířka WK 454 03, 2 ks  
Přístrojový knoflík WF 243 04 (WF 243 08) – válcový, 1 ks

Přístrojový knoflík WF 243 91 – šipka, 1 ks

Přívodová síťová 2,5 A/250 V, 1 ks

Pojistkové pouzdro, 1 ks

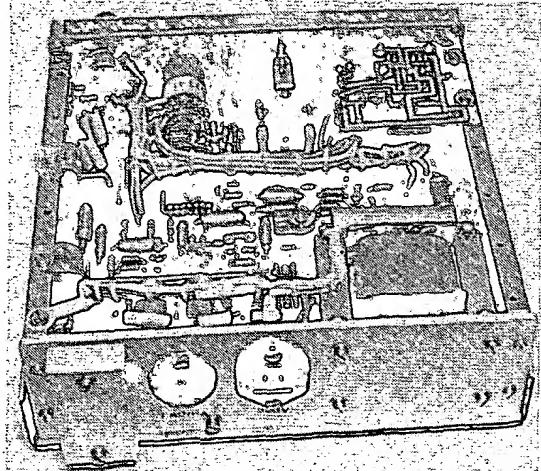
Kontakt pojistkové vložky (pro plošné spoje), 2 ks

Přepínač otočný WK 533 41, 1 ks

Tlačítkový přepínač, Isostat N6 – viz text, 1 ks

Tlačítková souprava, Isostat N2 – síťové tlačítka – viz text, 1 ks

Hmatníky přepínačů Isostat 5 x 10 mm, 3 ks



## 5.2 Stabilizovaný zdroj

Přístroj je určen především pro experimentální práce v elektrotechnice. Z výstupů A, B, C umožňuje napájet obvody vyžadující až tři napájecí napětí – např. zapojení s operačními zesilovači a číslicovými obvody TTL. Výstupní napětí z větví A a B je možno nezávisle nastavit rozmezí 2 až 15 V a lze je zatížit až do odběru 100 mA. Výstupní napětí větve C je 5 V, povolen odběr do 500 mA. Záporné svorky větví B, C jsou spojeny s kostrou přístroje, větev A je plovoucí a je jí možno použít k získání záporného napětí (vůči společné svorce) nebo zapojit do série s větví B.

Vestavěné měřidlo umožňuje měřit výstupní napětí a odebíraný proud v každé větvi. Všechny větve jsou chráněny elektronickou pojistkou typu proudové omezení. Každá z větví je vybavena indikací překročení meze povoleného odebíraného proudu.

### Základní technické údaje

Výstupy	A	B	C
Výstupní napětí:	2 až 15 V	2 až 15 V	5 V.
Max. povolený jmenovitý odebíraný proud / m:	100 mA	100 mA	500 mA
Omezení výstupního proudu elektronickou pojistikou:	typ na 1,2/m, indikováno svítivými diodami.		
Stabilita výstupního napětí se změnou sítě $\pm 10\%$ :	min. $1.10^{-3}$ při $U_A = 10$ V	min. $1.10^{-3}$ při $U_B = 10$ V	min. $2.10^{-4}$

Zvlnění a šum v pásmu 10 Hz až 10 MHz: méně než 1 mV (mezivrcholová hodnota).  
Chyba měření napětí a proudu vstavěným měřidlem: podle kalibrace, typ, lepší než  $\pm 4\%$  z plné výhylky ručky měřidla.  
Max. napětí výstupních svorek větve A vůči kostce: 42 V.  
Referenční teplota: 23 °C.  
Pracovní teplota okolí: 10 až 35 °C.  
Napájení: síť 220 V, 50 Hz.  
Max. příkon: typ. 18 VA.  
Jistič: tavnou pojistku.  
Osazení: integrované obvody 6 ks, tranzistory 3 ks, diody 18 ks.  
Rozměry, hmotnost: 175 x 65 x 190 mm; asi 1,5 kg.

### Popis zapojení

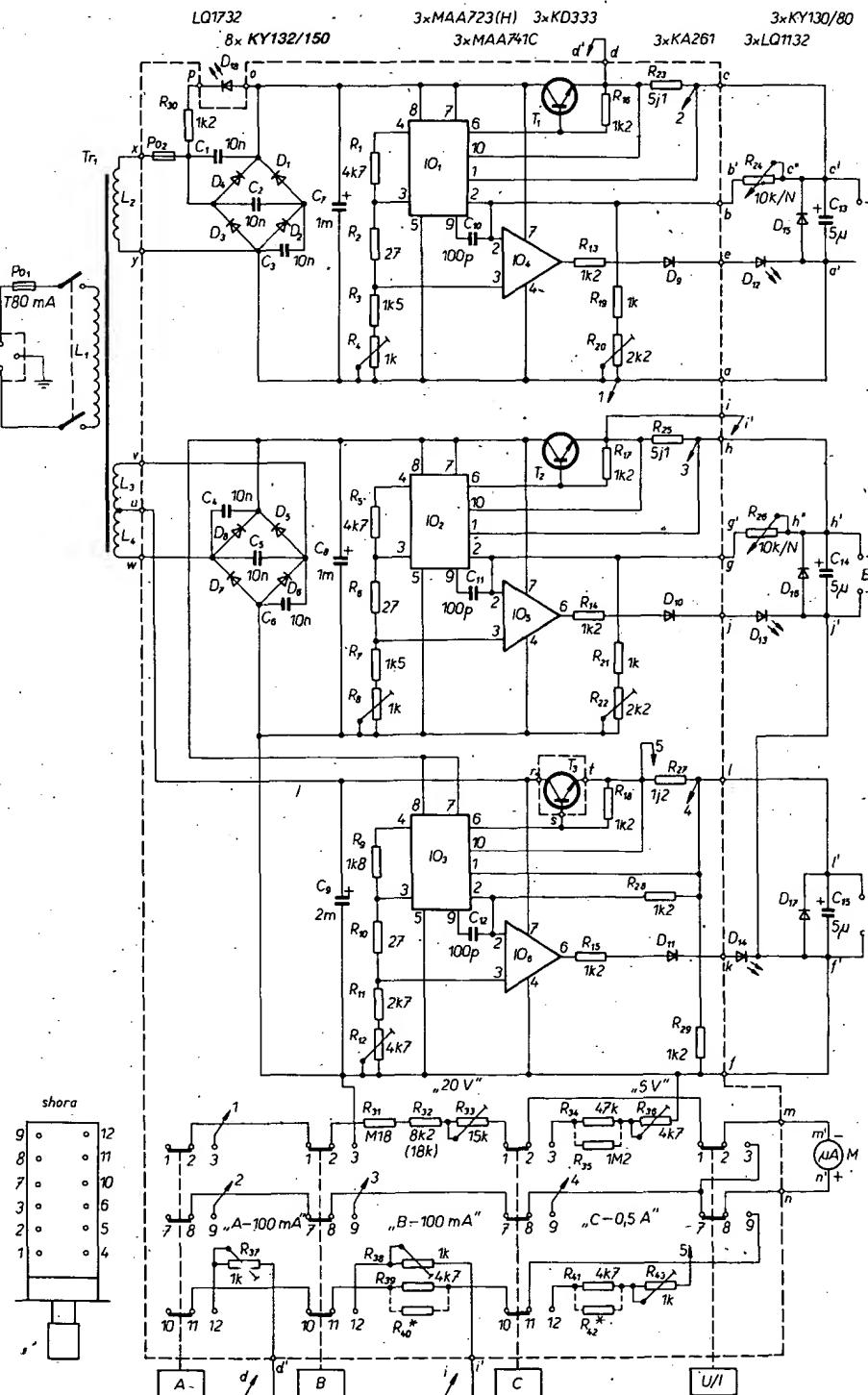
Schéma stabilizovaného zdroje je na obr. 214. Všechny tři větve zdroje jsou v zásadě zapojeny shodně. Využíváme monolitického integrovaného stabilizátoru MAA723(H) s regulačním tranzistorem KD333, doplněného komparátorem s operačním zesilovačem MAA741C. Komparátor rozsvícením svítivé diody indikuje stav, když se zmenšuje výstupní napětí a stabilizátor přechází do režimu proudového omezení.

Větev A je plovoucí – je napájena ze samostatného vinutí  $L_2$  síťového transformátoru. Dojde-li k poruchovému stavu v obvodech větve A, nezvětší se vzhledem k relativně velkému vnitřnímu odporu vinutí  $L_2$  proud primárním vinutím natolik, aby se přerušila pojistka  $Po_1$ . Proto je obvod chráněn samostatně tavnou pojistikou  $Po_2$ . Usměrňovač je v běžném můstkovém zapojení, kondenzátory  $C_1$  až  $C_3$  potlačují rušení vznikající spinacím režimem diod. Velká kapacita filtracního kondenzátoru  $C_7$  vede k nutnosti dimenzovat usměrňovací diody na relativně velký nařízený proud (omezený převážně jen od-

porem vinutí  $L_2$ ). To je spolu se snahou po jednotnosti použitých prvků důvodem pro volbu diod typu KY132. Provozní stav – zapnutý zdroj – je indikován svítivou diodou  $D_{18}$  normou předepsané zelené barvy. Připojením  $D_{18}$  paralelně k jedné z usměrňovacích diod je zajištěno, že dioda zhasíná okamžitě po vypnutí síťového tlačítka. Zapojení IO, je běžné, podle doporučení výrobce. Trimr vymezuje rozsah regulačního napětí potenciometrem  $R_{24}$ . Trimr  $R_4$  určuje dolní mez (2 V), trimr  $R_{20}$  horní mez (15 V). Protože na zdroj nemáme zvláštní nároky, vyhoví jako IO<sub>1</sub> i MAA723H. (Typ MAA723 má o něco lepší parametry a je považován za spolehlivější.) Výkonový regulační tranzistor  $T_1$  je typu KD333. Mimo přijatelnou cenu má i velmi dobré parametry a malé rozměry.

Dále můžeme použít KD335, 337; KU611, 612. Rezistor  $R_{23}$  slouží jednak jako snímací pro elektronickou pojistku, jednak jako bočník při měření odebíraného proudu.

Komparátor (osazený operačním zesilovačem IO<sub>4</sub>) má za běžného provozu (odebíraný proud menší než maximálně povolený) na výstupu malé napětí, tj. asi 1,6 V. Aby bylo zajištěno, že svítivá dioda  $D_{12}$  nebude za tohoto stavu svítit, je s ní v sérii zařazena dioda  $D_9$ . Přechází-li stabilizátor do režimu proudového omezení, napětí na výstupu zdroje a tím i na výstupu 2 operačního zesilovače se zmenší. Zmenší-li se pod úroveň na výstupu 3 IO<sub>4</sub>, komparátor se překlápi, na jeho výstupu bude velké napětí a proudem z výstupu IO<sub>4</sub>, omezeným rezistorem  $R_{13}$ , se



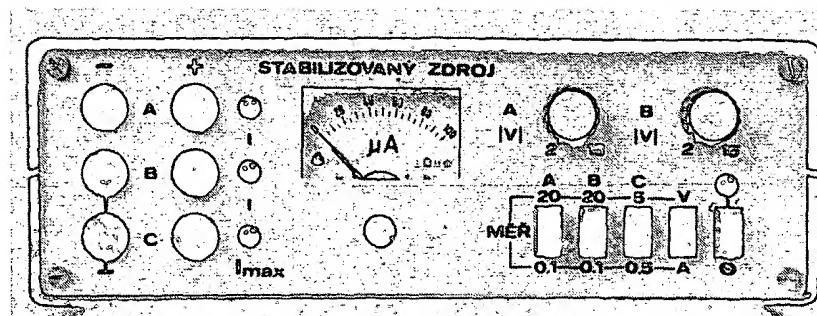
Obr. 214. Schéma stabilizovaného zdroje

rozsvěcuje  $D_{12}$ . Je červené barvy – indikuje mimoprovozní stav. Výhodou použití operačního zesilovače typu MAA741 je jednoduchost zapojení. Povolený výstupní proud IO umožňuje napájet svítivou diodu přímo, aníž by bylo třeba použít tranzistor. Dioda  $D_{15}$  tvoří ochranu proti vnučenému proudu opačné polarity.  $C_{13}$  přispívá ke stabilitě, potlačení rušení a omezení přepěťových impulsů.

Obvody větve B jsou identické. Ve větvi C odpadá regulace, zbývá jen jeden nastavovací prvek –  $R_{12}$  – pro nastavení výstupního napětí.

K přepínání funkcí měřidla jsou použity tlačítkové přepínače Isostat. Zapojení zaručuje, že nemůže nastat nedovolený stav (např. nežádoucí propojení větví) ani při stisknutí libovolné kombinace tlačítek současně.

Všechny nastavovací prvky (trimry) určené pro nastavení výstupních napětí jsou spočítány toleranční analýzou tak, aby při dodržení odporů a tolerancí odpovídajících rezistorů bylo možno přístroj vždy nastavit. Deska s plošnými spoji je navržena s možností použít jak běžné trimry typu TP 040, tak dražší, ale stabilnější a méně teplotně závislé cermetové trimry typu TP 011. Trimry TP 040 mají podstatně větší teplotní závislost odporu, nastavený odpor by proto měl tvořit co nejmenší část



Obr. 215. Čelní pohled na stabilizovaný zdroj

z celkového odporu sériové kombinace rezistor + trimr. Pevné rezistory mají mít malou teplotní závislost odporu, doporučujeme proto použít typy s kovovou vrtou, např. TR 191 (příp. MLT 0,25), z uhlíkových pak TR 213.

#### Konstrukční provedení

Konstrukční řešení a design stabilizovaného zdroje navazují na provedení měřiče kapacity a indukčnosti.

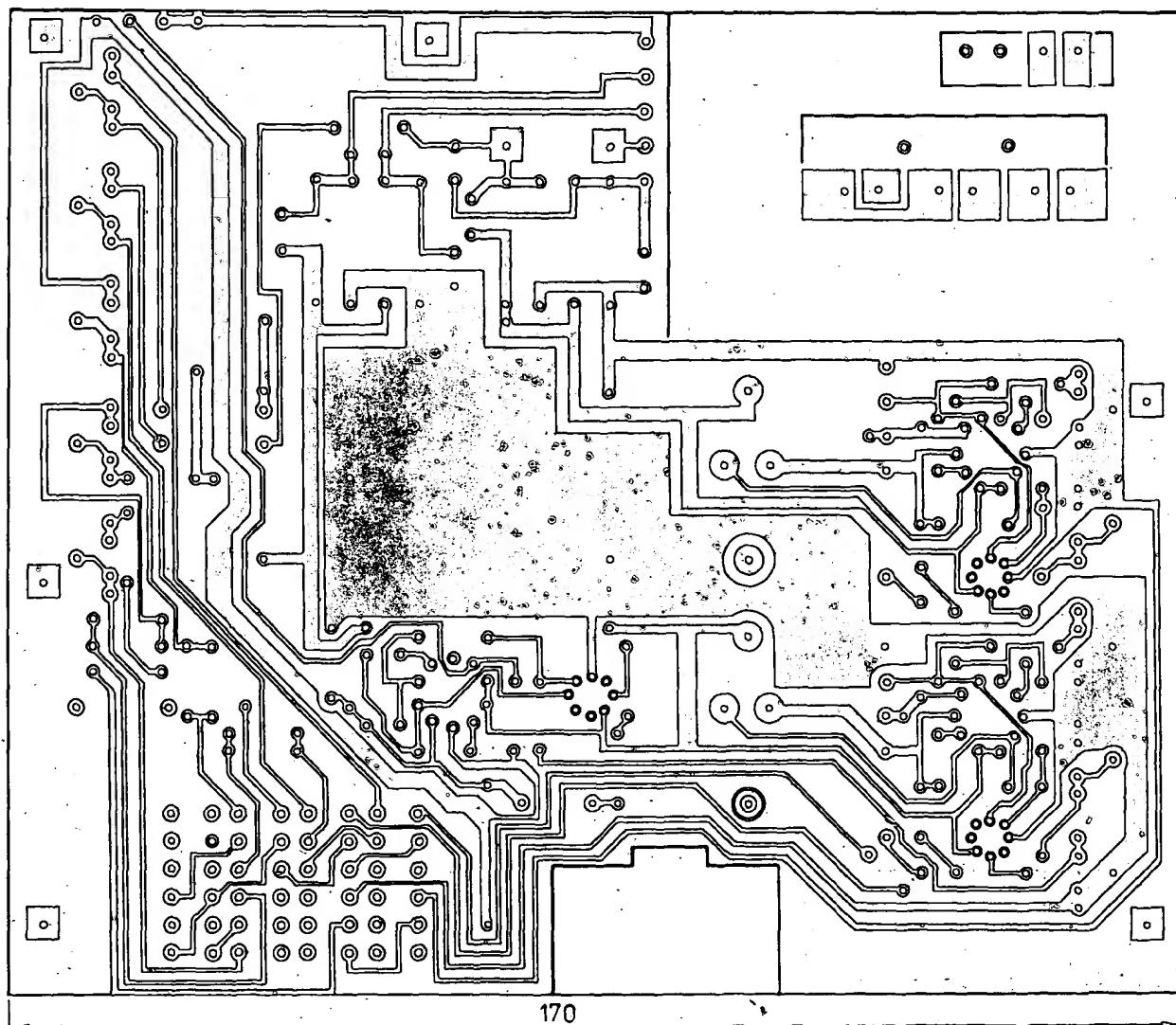
Oba přístroje mají podobně uspořádání ovládacích a indikačních prvků na čelním

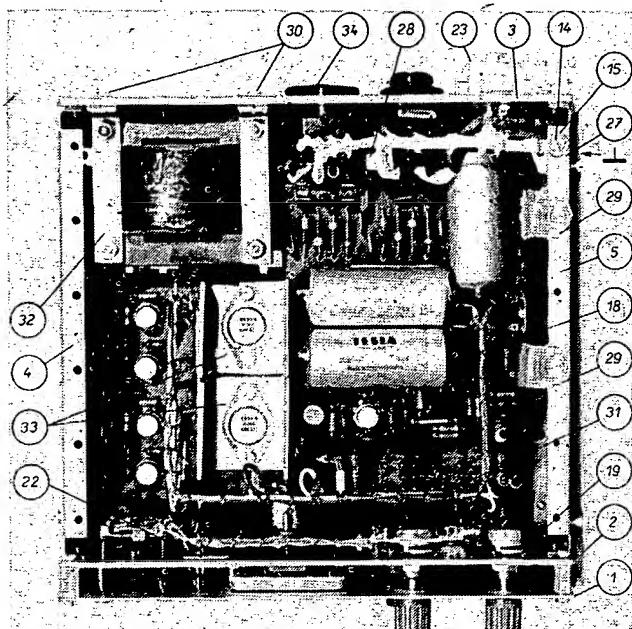
panelu, mají řadu shodných nebo tvarově podobných dílů. Čtenář se tak může přesvědčit o praktickém přínosu jednotné koncepce konstrukčního řešení a jejím dopadu na výrobu a vzhled přístroje, jak to bylo záměrem autorů.

Stabilizovaný zdroj je vestavěn do stejné přístrojové skříně – typu I (viz kapitola 4).

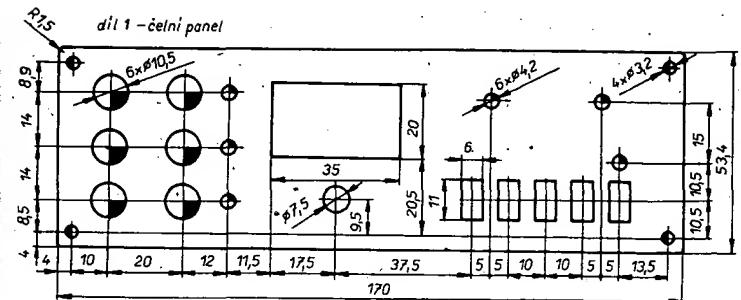
Rozmístění a popis ovládacích a indikačních prvků je na obr. 215.

V levé části kabelu jsou výstupní závorky. Každému výstupu přísluší červená kontrolka indikující překročení povoleného výstupního proudu. Měřidlo je opět za-

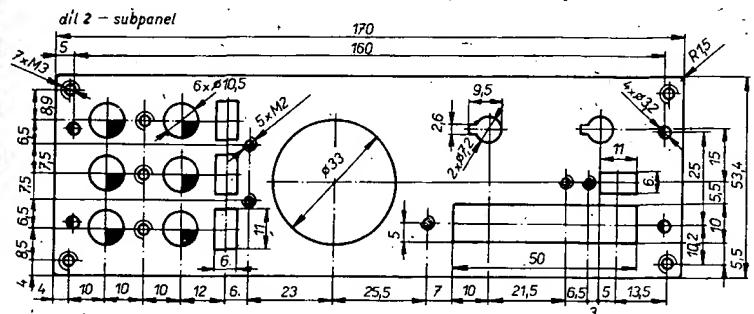




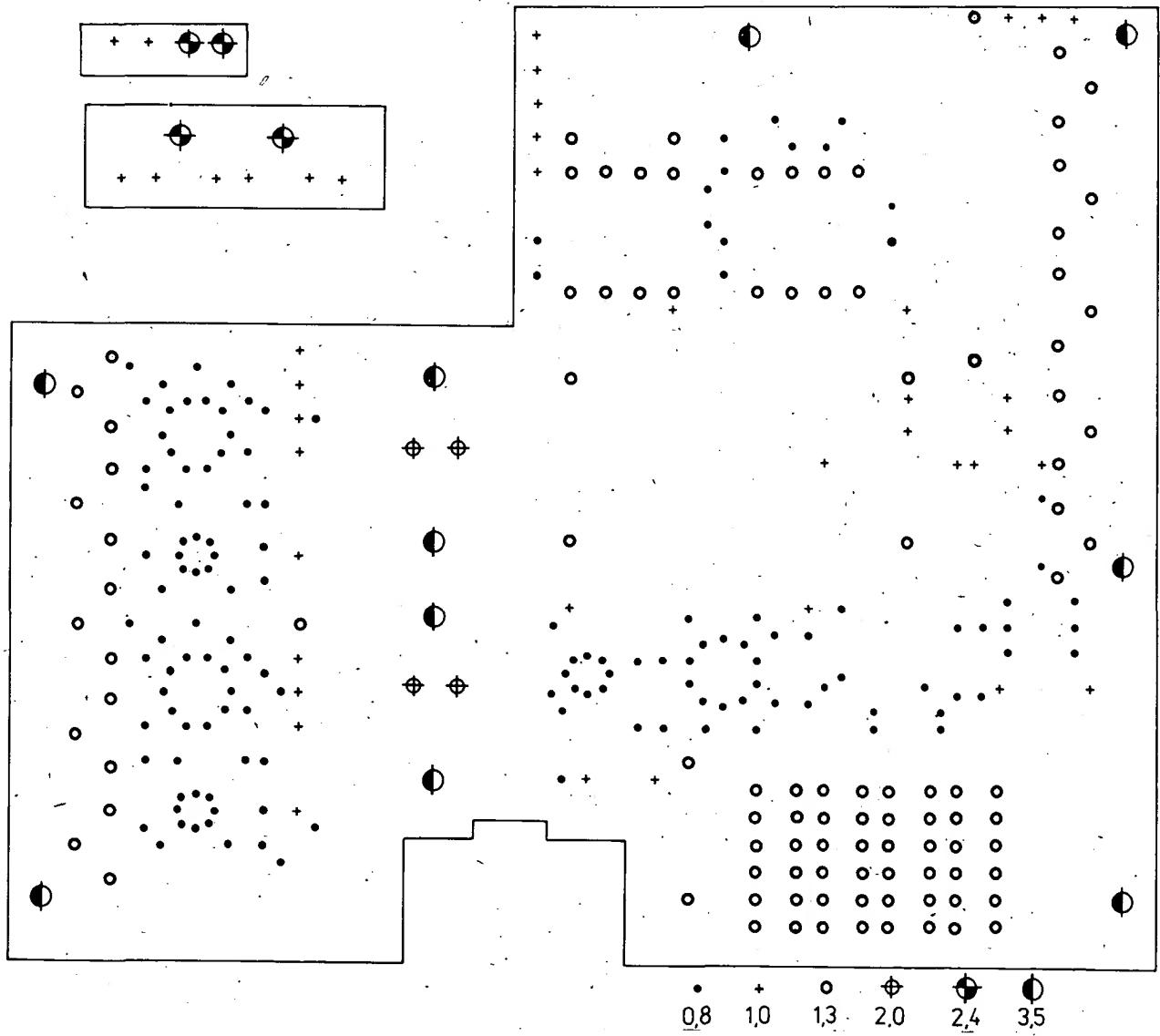
Obr. 216. Pohled na vnitřní zástavbu zdroje



Obr. 220. Výkres čelního panelu zdroje

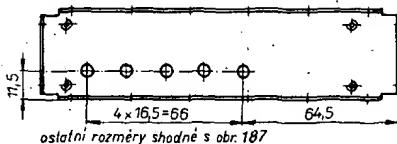


Obr. 221. Výkres subpanelu zdroje



Obr. 218. Vrtací předpis desek s plošnými spoji

díl 4 - bočnice levá

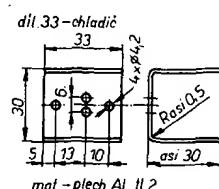


Obr. 222. Bočnice levá - úprava pro přístup k nastavovacím prvkům

díl 5 - bočnice pravá



Obr. 223. Bočnice pravá - úprava pro přístup k nastavovacím prvkům (5 děr Ø 5.5 mm)



Obr. 224. Chladič tranzistorů řady KD330

puštěno pod přední panel. V pravé části jsou potenciometry pro nastavení výstupního napětí větví A a B. Pod nimi tlačítkové přepínače pro volbu měřicího místa (větev A, B nebo C) s označením zařazeného rozsahu měřidla, přepínač funkce měřidla (měření výstupního napětí nebo odebíráného proudu) a síťový spínač v těsné blízkosti s kontrolkou, indikující provozní stav přístroje.

Zadní panel je u obou popisovaných přístrojů shodný. Vzhled proto odpovídá obr. 200, výkres zadního panelu je na obr. 206. Pozice děr označených hvězdičkou se přizpůsobují použitému transformátoru. Pro předepsaný typ (podle obr. 226) je kota 1) upravena na 6,5 mm, kota 2) na 46,5 mm. Zadní panel slouží současně jako chladič pro tranzistor  $T_3$ , který je upevněn shodně jako tranzistor  $T_{13}$  u měřicí kapacity a indukčnosti.

Vnitřní uspořádání přístroje je zřejmé z obr. 216.

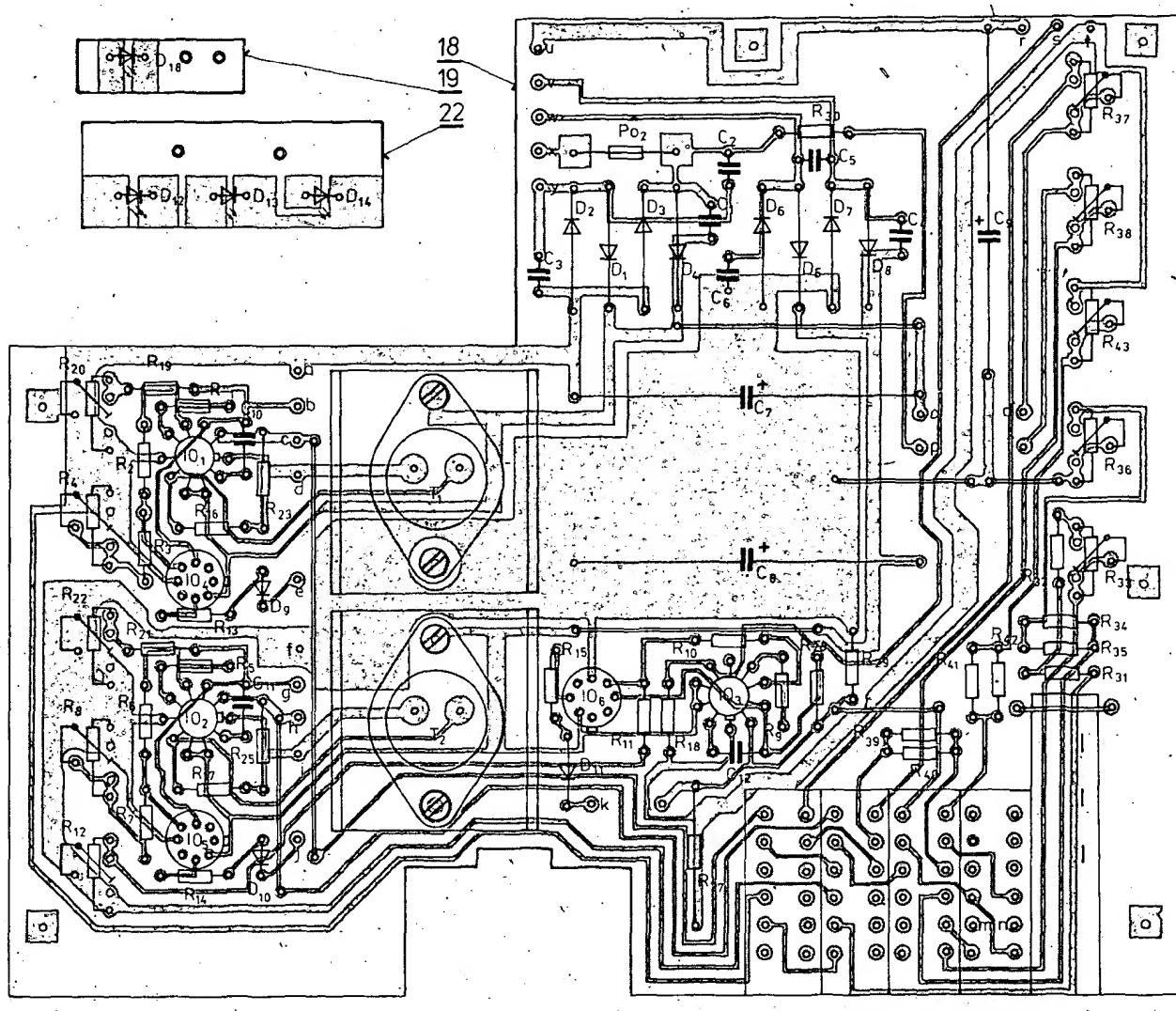
Většina obvodů stabilizovaného zdroje je na základní desce s plošnými spoji 18 (obr. 217 až 219), přišroubované k bočnicím 4, 5 a pomocí držáku 28 i k zadnímu panelu 3. Na desce jsou umístěny mimo jiné i tranzistory  $T_1$  a  $T_2$  s chladiči '30 a tlačítková souprava 31. Nastavovací prvky - trimry - jsou na desce rozmištěny kolem bočnic. Základní provedení bočnic odpovídá obr. 187; obr. 222 a 223 doplňují jen rozmištění děr pro přístup k nastavovacím prvkům. Na subpanelu 2 jsou tři

páry svorek - dvojzdiřek WK 45 403, měřidlo M, potenciometry  $R_{24}$ ,  $R_{26}$ ; držák svitivých diod  $D_{12}$ ,  $D_{13}$ ,  $D_{14}$  (díl 22) a držák svitivé diody  $D_{18}$  (díl 19).

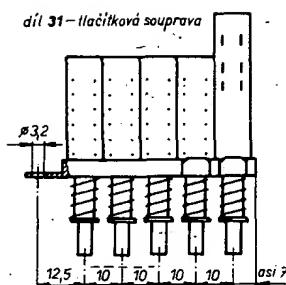
Výkres celního panelu je na obr. 220, subpanelu na obr. 221, bočnic na obr. 222 a 223, chladiče na obr. 224.

Tlačítková souprava, obr. 225, je sestavena tak, že první tři tlačítka zleva mají čtevci přepínačích kontaktů a jsou vzájemně vybavovací. Čtvrté tlačítko je samostatně aretované s dvojicí nebo čtevci přepínačích kontaktů a poslední je samostatně aretované síťové tlačítko.

Síťový transformátor si zaslouží podrobnější popis. Uvedené minimální rozměry a současně dobré parametry zdroje byly dosaženy díky optimálnímu využití transformátoru. S jádrem EI20x20 mm je to největší typ vhodný pro zástavbu do přístrojové skříně typu I. Vhodný finální výrobek s požadovanými parametry na našem trhu bohužel schází, proto je na obr. 226 navržený předpis. Vzhledem k tomu, že jde o součástku, která rozcházející měrou ovlivňuje splnění bezpečnostních požadavků, zásadně nedoporučujeme experimenty se zhotovením transformátoru těm, kteří dosud nemají potřebné zkušenosti. Ostatní upozorňujeme na nutnost pečlivé práce, dodržení předepsaného počtu závitů ve vrstvách a předepsané izolace, zejména mezi primárním a sekundárním obvodem. Není vhodné

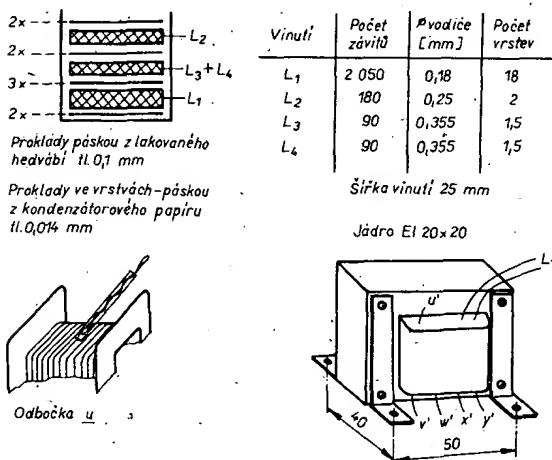


Obr. 219. Osazená deska s plošnými spoji zdroje



Obr. 227. Schéma propojení obvodů stabilizovaného zdroje

Obr. 225. Tlačítková souprava pro stabilizovaný zdroj



Obr. 226. Navýjecí předpis a sestava síťového transformátoru

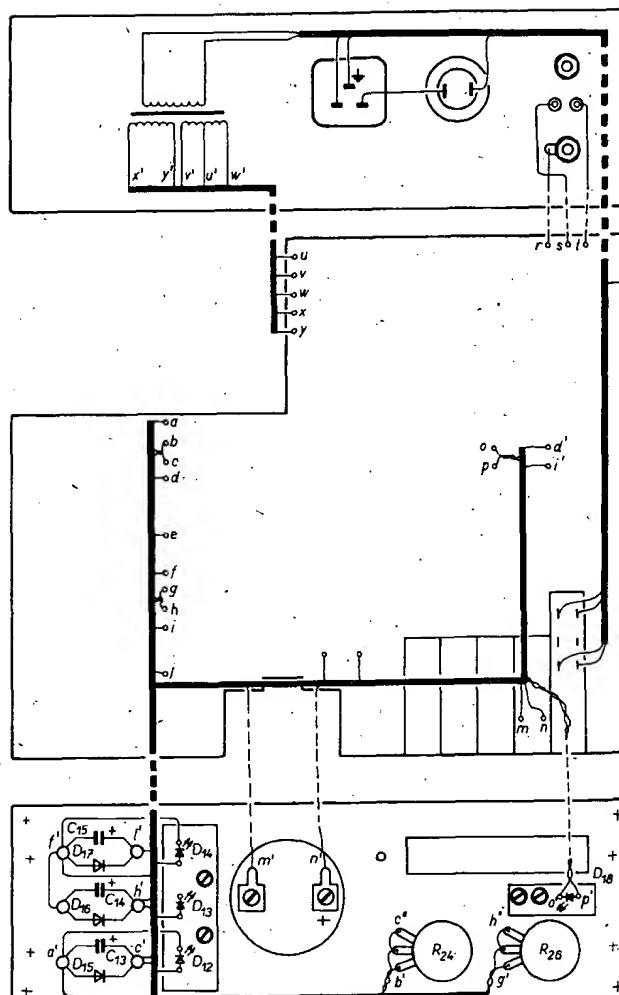
měnit předepsané průměry vodičů (pozor – uvedená data jsou průměry vlastního měděného vodiče, tj. bez izolace). Hrozí nebezpečí, že se vinutí na cívku, nevejde, při použití tenčích vodičů se zase transformátor více zahřívá. Na kvalitu plechů nejsou zvláštní požadavky. Transformátor má být zkoušen měřením izolačního odporu a elektrické pevnosti, viz kap. 2.

S otázkou chlazení transformátoru souvisí provedení větracích dér krytů. Dříve probíraná doporučení k jejich zhotovení lze považovat za minimální. Obrazce plošných spojů jsou uvedeny na obr. 217. V prostoru výřezu základní desky jsou nakresleny motivy držáků svítivých diod. Vrtací předpis je na obr. 218.

## Stavba přístroje

Zhotovíme mechanické díly podle rozpisu mechanických dílů: Desky s plošnými spoji, ať již zakoupené nebo vlastní výroby, pečlivě zkонтrolujeme a osadíme podle obr. 219. Před montáží  $T_1$ ,  $T_2$  páječkou „pocínujeme“ plochy určené k vodivému propojení šroubovým spojem. Používáme zde podložky minimálního vnějšího průměru, aby se nezkratovaly sousední spoje. Šrouby pro připevnění  $T_1$ ,  $T_2$  s chladičem 33 jsou díl 30. Zdvoujennými čarami jsou naznačeny drátové spojky vodiči o průměru 0,5 až 0,8 mm. Tlačítkovou soupravu 31 do desky pouze nasuneme, ale nepájíme.

Nejprve zkùšebně sestavíme mechanické díly celého přístroje. Na zadní panel připevňujeme transformátor 32, čtyřmi šrouby M3×10 mm – díl 30 s podložkami 15. Sítová přívodka je přišroubována dvojicí šroubů M3×10 mm se zapuštěnou hlavou – díl 34. Ověřme montáž tranzistoru T<sub>3</sub> v sestavě podle obr. 210. Montáž diody D<sub>14</sub> odpovídá obr. 209 a stejně



upevňujeme i diody  $D_{12}$ ,  $D_{13}$ ,  $D_{14}$  do destičky 22

Vodítkem i pro montáž mechanických dílů je obr. 227. Dvozdírky jsou na subpanel připevněny ze strany čelního panelu šroubkou M3x10 mm s podložkou (díly 30, 15). Měřidlo je podloženo páskou molitanu (těsnění do oken) tak, že dotažováním upevňovacích šroubů vymezujeme vzdálenost od čelního panelu (má těsně doleháť).

Smontujeme „komplet“, panely – bočnice – základní deska. Posuvem základní desky a povysouváním tlačítkové soupravy z desky dosáhneme souměrného umístění hmatníků v otvorech čelního panelu. V této poloze přišroubujeme lištu přepínače k subpanelu (šroub M2), vystředíme a vývody přepínače připájíme k desce. Zapojíme zpevňující můstek v zadní části síťového tlačítka. Držák 28 je k desce připevněn šroubem M3×6 mm, k zadní stěně M3×10, vždy s dvojicí podložek 15 a maticí 16. Zkrátíme hřídele potenciometrů tak, aby vyčinály 5 až 5,5 mm nad úroveň čelního panelu.

Po odstranění všech závad zjištěných při zkušební montáži celý přístroj demon-tujeme a díly povrchově upravíme. Celní panel popíšeme podle obr. 215, zadní podle obr. 200. Pozn.: Pokud je u síťového transformátoru primární proud napráz-dno menší než 35 mA, platí osazení pře-depsanou pojistkou T 80 mA. U větších proudů je vhodné předepsat pojistku T 100 mA a stejně popsat i zadní panel. Pro popis používáme Propisot 3VMN 97 02,5 černé barvy. Pak přístroj sestavíme. Celní panel a měřidlo zatím neosazujeme. Určené díly připevníme na subpa-nel, který zatím nešroubujeme k boční-

cím. Přístroj propojíme podle obr. 227. Volba vodičů a způsob propojení síťových obvodů a „ukostení“ jsou shodné s provedením předchozího přístroje.

K propojení ostatních obvodů používáme převážně vodiče s měděným jádrem o průměru 0,5 mm s různobarevnou izolací. Na přívody k měřidlu ( $m-m'$ ,  $n-n'$ ) doporučujeme použít tenká izolovaná lanka a pro spojení společných svorek se základní deskou ( $f-f'$ ) tlustší izolované lanko (o průřezu jádra 0,5 až 0,75 mm<sup>2</sup>). Vodiče vyvazujeme do svazků, které jsou vedeny ve výšce 38 mm nad deskou. Respektujeme provedení svazku vedoucího k subpanelu tak, aby bylo možno subpanel odkládat po odšroubování od bočnic, odšroubováním pájecích ok měřidla a odpájení přívodů k  $D_{10}$ . Pod upevňovací šroub desky v těsné blízkosti trimru  $R_{12}$  upevníme kabelové oko, které spojíme se zemní plochou – spojením vedoucím na běžec trimru. Tím je zajištěno propojení společných svorek s kostrou přístroje.

## Nastavení

Pro lepší orientaci doporučujeme označit význam nastavovacích prvků na bočnicích popisovacím FIX, mastnou tužkou nebo ostrým hrotem. U levé bočnice jsou umístěny trimy, které slouží

k nastavení výstupního napětí jednotlivých větví. Určení trimrů je zřejmě z navržené symboliky:  $R_4$  – A2V,  $R_{20}$  – A15V,  $R_8$  – B2V,  $R_{22}$  – B15V,  $R_{12}$  – C5V. Trimry při pravé bočnici nastavujeme rozsahy vestavěného měřidla. Popíšeme je např.  $R_{33}$  – 20 V,  $R_{36}$  – 5 V,  $R_{37}$  – A0, 1A,  $R_{38}$  – B0, 1A,  $R_{43}$  – C0, 5A. Pro ovládání trimrů si zhotovíme šroubovák z izolačního materiálu – vypilováním z plastové pletací jehlice apod.

Přístroj oživujeme po částech. Pomocným stejnosměrným zdrojem s výstupním napětím asi 20 V, měřením výstupního proudu a elektronickou pojistkou, kterou je možné nastavit omezení výstupního proudu v rozmezí 50 až 600 mA, zmenšujeme nebezpečí poškození obvodů při výskytu závad a usnadňujeme si nastavení.

Nejdříve zkontrolujeme správnost zapojení větve A, nastavíme obvody stabilizátoru a měřidla. Měřený zdroj je odpojen od sítě, nastavovací prvky jsou „vytáčený“ zcela vlevo, všechna tlačítka „vymáčknuta“. Pomocný zdroj 20 V s elektronickou pojistikou nastavenou na 50 mA připojíme ve správné polaritě ke kondenzátoru  $C_7$ . Přitom není třeba jiný zásah do přístroje, diody usměrňovače jsou půlovány v závěrném směru, spojení přes vinutí  $L_2$  transformátoru se neuplatní. Odběr z pomocného zdroje je menší než 10 mA. Na svorky A připojíme voltmetr nejlépe třídy přesnosti 1 % nebo lepší. Trimrem  $R_4$  nastavíme minimální výstupní napětí 2 V. Pozor – nastavíme-li menší výstupní napětí, může pak špatně pracovat obvod indikace přetížení. Potenciometr  $R_{24}$  otočíme na pravý doraz a trimrem  $R_{20}$  nastavíme výstupní napětí 15,5 V. Tím jsme nastavili maximální výstupní napětí. Odkazy na změnu výstupního napětí v dalším textu se týkají výhradně potenciometru  $R_{24}$ . Výstupní napětí zmenšíme na 15 V. Stisknutím tlačítka A zapojíme měřidlo do funkce měření napětí s rozsahem 20 V. Trimrem  $R_{33}$  měřidlo zkalibrujeme – nastavíme výchylku ručky na 75. dílek, což odpovídá napětí 15 V. Nestačí-li rozsah trimru, nebo je-li jeho běžec těsně u kraje odporové dráhy, upravíme  $R_{32}$ .

Omezovací proud pomocného zdroje nyní nastavíme na asi 200 mA. Přepneme přepínač měřidla do funkce měření proudu. Na výstupní svorky připojíme v sérii miliampérmetr a zatěžovací rezistor. Na miliampérmetr máme stejně požadavky jako na voltmetr – třída přesnosti 1 % a lepší. Zářez tvoří reostat, drátový potenciometr nebo rezistor s odbočkou. Požadovaný max. odpor je asi 150  $\Omega$ , dovolené zatížení 2 W a větší.

Přesvědčíme se nejdříve o správném odporu rezistoru  $R_{23}$ . Příliš velký odpor způsobí, že již při výstupních proudech do 100 mA začíná předčasně pracovat elektronická pojistka a výstupní napětí se zmenšuje. Příliš malý odpor má za následek, že pojistka začíná omezovat až větší výstupní proud, čímž se tepevně více namáhá transformátor a regulační tranzistor zejména při zkratu na výstupu. Ověříme proto správnou činnost elektronické pojistiky a velikost zkratového proudu, tak, že plynule zmenšujeme odpor zářezu. Výstupní proud se zvětšuje a postupně se ustaluje na proudu, který má být asi o 20 % větší než jmenovitý povolený výstupní proud 100 mA. To odpovídá proudu 120 mA. Současně se zmenšením výstupního napětí se rozsvítí dioda  $D_{12}$ .

Přepneme měřidlo do funkce měření napětí. Nastavíme maximální výstupní napětí a větve zatížíme jmenovitým max. proudem 100 mA. Připojování a odpojování zářezu nemá způsobit změnu výchylky ručky. V případě potřeby  $R_{23}$  změníme nebo doplníme paralelním rezistorem. Při jmenovitém max. proudu 100 mA zkalibrujeme měřidlo ve funkci měření proudu – nastavíme plnou výchylku trimrem  $R_{37}$ . Vhodnou volbou rezistoru  $R_{40}$  přitom dosáheme toho, že běžec  $R_{37}$  bude přibližně uprostřed odporové dráhy. Odpor rezistoru  $R_{40}$  je v rozmezí jednotek až desítek  $k\Omega$ .

Přejdeme k nastavení větve B a C.

Pomocný zdroj s napětím 20 V a s omezením výstupního proudu 50 mA připojíme paralelně ke kondenzátoru  $C_9$ . Tím jsou napájeny obě větve, opět bez potřeby zásahu do přístroje. Odběr z pomocného zdroje musí být menší než 20 mA.

Pro větve B zopakujeme celý postup nastavení jako pro větve A, s výjimkou kalibrace měřidla na rozsahu 20 V, jehož obvod je využíván pro měření v obou větvích. Přitom vycházíme z analogie nastavovacích prvků větví A a B. Nelze-li ve věti B nastavit trimrem  $R_{38}$  rozsah měřidla 100 mA, musíme  $R_{40}$  volit kompromisně, aby bylo možno nastavit proudové rozsahy v obou větvích A, B.

Při nastavování větve C platí shodné principy. Pojistku pomocného proudového zdroje nastavujeme na 600 mA. Zkratový proud stabilizátoru ve věti C má být co nejmenší při současném splnění požadavku minimální změny výstupního napětí při připojování a odpojování zářezu. Typický zkratový proud je asi 570 mA. Odpor rezistoru  $R_{27}$  upravujeme na optimum paralelním rezistorem, umístěným ze strany spojů (stačí miniaturní provedení).

K nastavení výstupního napětí 5 V je určen trimr  $R_{12}$ . Rezistor  $R_{36}$  upravuje rozsah měřidla na 5 V při měření napětí, podle potřeby zařadíme nebo vyřadíme  $R_{35}$ . K nastavení proudového rozsahu slouží trimr  $R_{43}$  popř. rezistor  $R_{42}$  (jeho odpor je rádu jednotek až desítek  $k\Omega$ ).

Závěrečnou operaci je fixace nastavovacích prvků a šroubových spojů acetovaným lakem a povrchová úprava plošných spojů.

### Použití

Stabilizovaný zdroj popsaných vlastností patří mezi nejpoužívanější přístroje v dělenské praxi. K jeho přednostem patří zejména minimální rozměry a optimalizované parametry. Slouží zejména pro napájení pokusních zapojení, při oživování a nastavování obvodů. Kombinaci výstupů A a B podle obr. 228 můžeme získat napětí, která umožní napájet prakticky všechna běžná zapojení s tranzistory, operačními zesilovači a dalšími integrovanými obvodami.

Povolený výstupní proud 100 mA postačí pro většinu aplikací. Větší proudy a napětí se převážně vyskytují u zapojení, která mají vlastní zdroj. Pro napájení číslicových obvodů je určen výstup C s povoleným výstupním proudem 0,5 A.

Z důvodu ekonomického provozu nemá transformátor velkou rezervu se-

kundárního napětí. Proto při napájení sítovým napětím kolem 200 V a zvláště při současném maximálním zatížení všech větví nelze z výstupů A a B odebírat plné napětí 15 V. Taková situace ovšem nastává zřídka a je bezpečně identifikována rozsvícením příslušné diody „ $I_{max}$ “.

Výhodou amatérské konstrukce je, že můžeme připustit výskyt nežádoucího jevu, který by se v profesionální praxi vyskytnout neměl. V tomto případě je jím zabiliknění všech diod „ $I_{max}$ “ po vypnutí přístroje.

Obsluha přístroje nepotřebuje zvláštní komentář. Jen v případě využívání zdroje při maximálním zatížení všech větví a vyšší teplotě okolí je vhodné umisťovat přístroj v otevřeném prostoru, neukládat na něj další přístroje, aby bylo zajištěno dostatečné chlazení.

Zdroj nevyžaduje zvláštní údržbu. Dopravujeme v přibližně ročních intervalech kontrolovat údaje napětí vystavěného měřidla.

### Rozpiska mechanických dílů

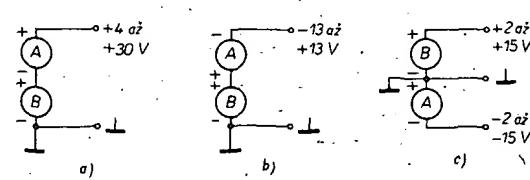
Rozpiska uvádí jen nové díly, neuvedené v tabulce v kap. 4 a díly, které jsou upraveny

Díl	Název	Počet ks	Obrázek č.
1	čelní panel	1	220
2	subpanel	1	221
3	zadní panel	1	206
4	bočnice levá	1	222
5	bočnice pravá	1	223
18	deská s plošnými spoji (základní)	1	219
19	deská s plošnými spoji (držák $D_{18}$ )	1	219
20	šroub M2x6, válcová hlava	5	–
21	podložka ocelová Ø 5/2,2	5	–
22	deská s plošnými spoji (držák $D_{12}$ , $D_{13}$ , $D_{14}$ )	1	219
23	kryt tranzistoru	1	207
24	podložka slíďová (pod pouzdro tranzistoru řady KD330)	1	–
25	trubička izolační	2	210
26	podložka pertinaxová Ø 7/3,2	2	–
27	oko pájecí jednostranné Ø 3,2	3	–
28	držák	1	211
29	páska	2	213
30	šroub M3x10, válcová hlava	14	–
31	tlačítková souprava	1	225
32	transformátor	1	226
33	chladící	2	224
34	šroub M3x20, zapuštěná hlava	2	–

K počtu dílů, uvedených v tabulce v kap. 4 přibývá: díl 8 + 2 ks, díl 14 + 9 ks, díl 16 + 8 ks, díl 12 + 2 ks, díl 15 + 32 ks.

### Seznam součástek

Rezistory (metalizované typu TR 191, popř. TR 151, MLT 0,25, nebo uhlíkové typu TR 213)  $R_1, R_5$  4,7  $\Omega$ , 5 %



Obr. 228. Možné kombinace výstupů A a B

$R_3, R_7$	1,5 k $\Omega$ , 5 %
$R_9$	1,8 k $\Omega$ , 5 %
$R_{11}$	2,7 k $\Omega$ , 5 %
$R_{19}, R_{21}$	1 k $\Omega$ , 5 %
$R_{23}, R_{25}$	5,1 k $\Omega$ , 5 %
$R_{31}$	180 k $\Omega$ , 5 %
$R_{34}$	47 k $\Omega$
$R_{40}$	viz text
$R_{41}, R_{39}$	4,7 k $\Omega$
$R_{42}$	viz text

<i>Rezistory</i> (typ TR 213)	
$R_{2, 6, 10}$	27 $\Omega$ , 5 %
$R_{13, 14, 15, 16, 17}$	
$R_{18, 28, 29, 30}$	1,2 k $\Omega$
$R_{32}$	8,2 k $\Omega$ , 18 k $\Omega$
$R_{35}$	1,2 M $\Omega$ , viz text

<i>Rezistor</i> (typ TR 215)	
$R_{27}$	1,2 $\Omega$ , 5 %

<i>Odporové trimry a potenciometry</i> -	
$R_{4, 8, 37, 38, 43}$	1 k $\Omega$ , trimr TP 040
$R_{12, 36}$	4,7 k $\Omega$ , trimr TP 040
$R_{20, 22}$	2,2 k $\Omega$ , trimr TP 040
$R_{24, 26}$	10 k $\Omega$ /N, potenciometr TP 160
$R_{33}$	15 k $\Omega$ , trimr TP 040

<i>Kondenzátory</i>	
$C_1$ až $C_6$	10 nF, TK 745
$C_7, C_8$	1000 $\mu$ F, TE 676, PVC
$C_9$	2500 $\mu$ F, TE 674, PVC
$C_{10, 11, 12}$	100 pF, TK 754, 774, 794
$C_{13, 14, 15}$	5 $\mu$ F, TE 986

<i>Diody</i>	
$D_1$ až $D_8$	KY132/150
$D_9$ až $D_{11}$	KA261-206, 501
$D_{12}$ až $D_{14}$	LO1132
$D_{15}$ až $D_{17}$	KY132/80,
$D_{18}$	LO1732

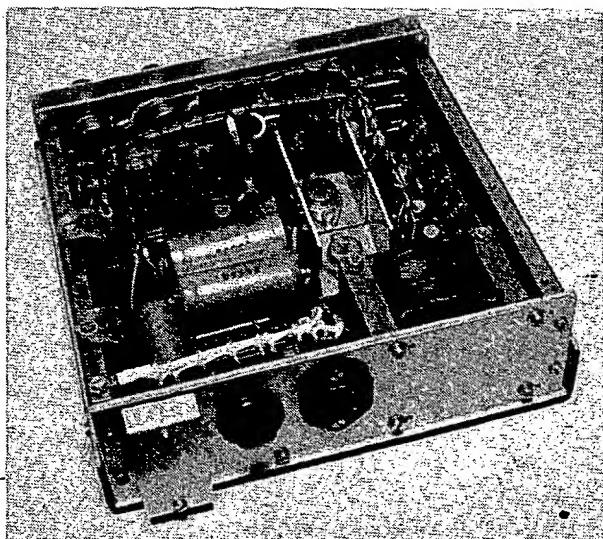
<i>Tranzistory a IO</i>	
$T_1$ až $T_3$	KD333 (KD335, 337); KU611, 612)
$IO_1$ až $IO_3$	MAA723(H)
$IO_4$ až $IO_6$	MAA741C

#### Ostatní součástky

$Po_1$	pojistková vložka T 80 mA
$Po_2$	pojistková vložka T 250 mA
M	měřidlo MP40; 100 $\mu$ A; 2,5 %; $R_1 = 1800 \Omega \pm 25 \%$

#### Konstrukční prvky

Dvojzdířka	WK 45103, 3 ks
Přístrojový knoflík	WF 24304 (WF 24308), 2 ks
Přívodka síťová	2,5 A/250 V, 1 ks
Pojistkové pouzdro	1 ks
Hmatníky přepínačů Isostat	5 x 10 mm, 5 ks



## 5.3 Číslicový panelový voltmetr

V elektronických měřicích přístrojích se často opakují určité funkční bloky – napájecí zdroje, zdroje signálu, indikační obvody aj. Univerzálním blokem je i popisované panelové číslicové měřidlo. V časopise Amatérské rádio bylo již uveřejněno několik konstrukcí, které se však vyznačovaly relativně složitým zapojením, použitím dvostranné desky s plošnými spoji a potřebou několika napájecích napětí. Rozvojem součástkové základny a mezinárodní kooperace přichází na naš trh integrovaný obvod C520D z NDR, který stavbu číslicového panelového měřidla podstatně zjednoduší.

je metodou dvojí integrace. Byl navržen pro zámenu ručkových měřidel za číslicové. Tomu odpovídá i indikace v kladné polaritě do plného údaje displeje (999 mV), v záporné polaritě jen do 99 mV, přičemž na místě číslice nejvyššího rádu je znak, indikující zápornou polaritu.

Předností obvodu C520D je pouze jediné napájecí napětí 5 V  $\pm 0,5$  V a malé pouzdro DIL s 16 vývody. Vstupní odpor je typicky 1 M $\Omega$ , což výhoví pro většinu aplikací. Vnější integrační kondenzátor  $C_1$  se výrazně podílí na dosažených parametrech, volíme typ s malou teplotní závislostí, stabilní, s malými ztrátami. Jeho kapacita může být v rozmezí 330 nF  $\pm 20\%$ . Trimr  $R_2$  je určen pro nastavení ofsetu (nuly),  $R_5$  pro nastavení koncového bodu stupnice (plné výklyky). Obvod D147C ( $IO_2$ ) je dekódér a budič sedmisegmentového displeje. Displeje pracují v multiplexním režimu, jejich společné anody jsou spinány tranzistory  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ . Můžeme použít libovolné nf nebo spinací křemíkové tranzistory p-n-p, jediným požadavkem je, aby měly malé pouzdro – např. KSY82, BC157 až 9, BC177 až 9. displej lze kromě LQ410 osadit i výrobky jiných firem, pokud se shodují pozice vývodů (např. HP 5082 – 7730). Protože v řadě aplikací potřebujeme doplnit desetinnou tečku právě na té straně, kde ji podle zákona schválnosti – též Murphyho zákona – použité displeje nemají, zastupuje ji svítivá dioda  $D_3$  nebo  $D_4$ . Pozice  $D_1$  a  $D_2$  je určena pro použití v případě, kdy potřebujeme indikovat polaritu.

*Pozn.*: Vstupy Hi, Lo – nejsou skutečnými diferenciálními vstupy, Lo musí být vždy spojen se společnou svorkou zapojení.

#### Základní technické údaje

##### Rozsah měřeného napětí:

-99 až +999 mV.

Zobrazení: 3 místa.

Chyba linearity: max. 0,1 %  $\pm 1$  číslice.

Vstupní odpor: asi 1 M $\Omega$ .

Počet měření za sekundu: typ. 3,5.

Indikace záporné polarity: [ ]

Indikace přetížení v záporné polaritě: [ ]

Indikace přetížení v kladné polaritě: [ ]

Napájecí napětí: 5 V  $\pm 5\%$ .

Odběr ze zdroje (maximální): typ. 180 mA.

Rozměr – základní deska: 60 x 85 mm,

– deska displeje: 60 x 35 mm.

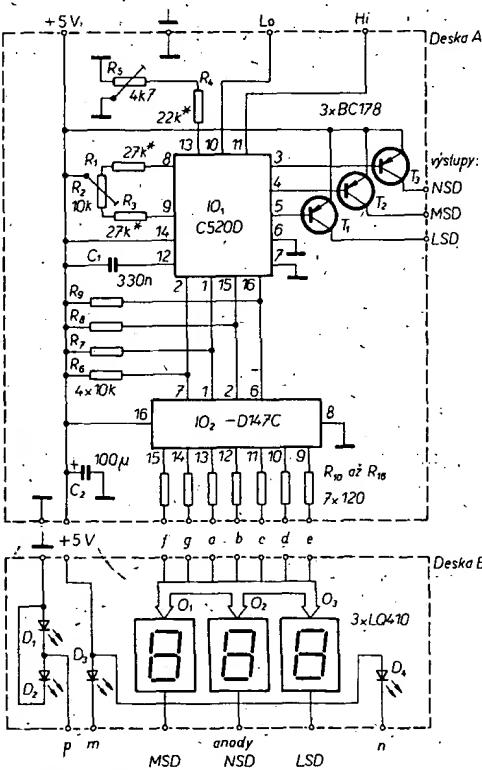
Osazení: tranzistory 3 ks, integrované obvody 2 ks, sedmisegmentový displej 3 ks.

#### Popis zapojení

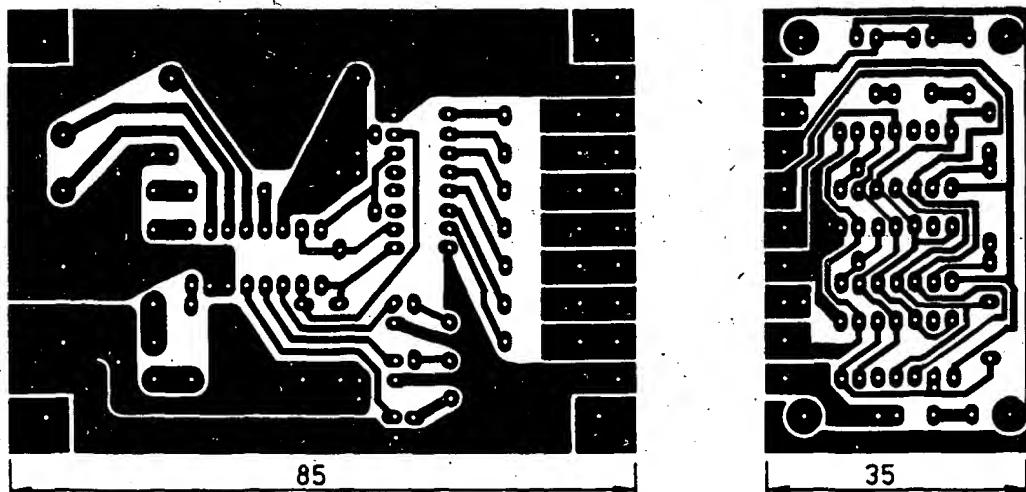
Schéma číslicového panelového měřidla je na obr. 229. Základním prvkem zapojení je integrovaný obvod C520D ( $IO_1$ ), který je ekvivalentem nyní již nevyráběného obvodu AD2020 firmy Analog Devices. Je vyrobén technologií I<sup>2</sup>L a obsahuje přes 1200 funkčních prvků. Pracuje

#### Konstrukční řešení

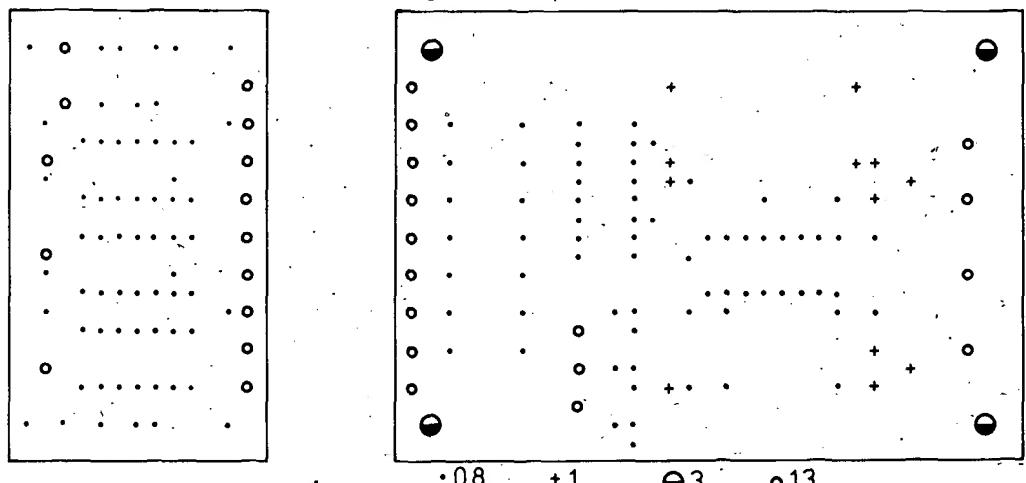
Číslicový panelový voltmetr je řešen jako vestavný blok, který se skládá ze základní desky s plošnými spoji a desky displeje B. Z úsporných důvodů jsou při



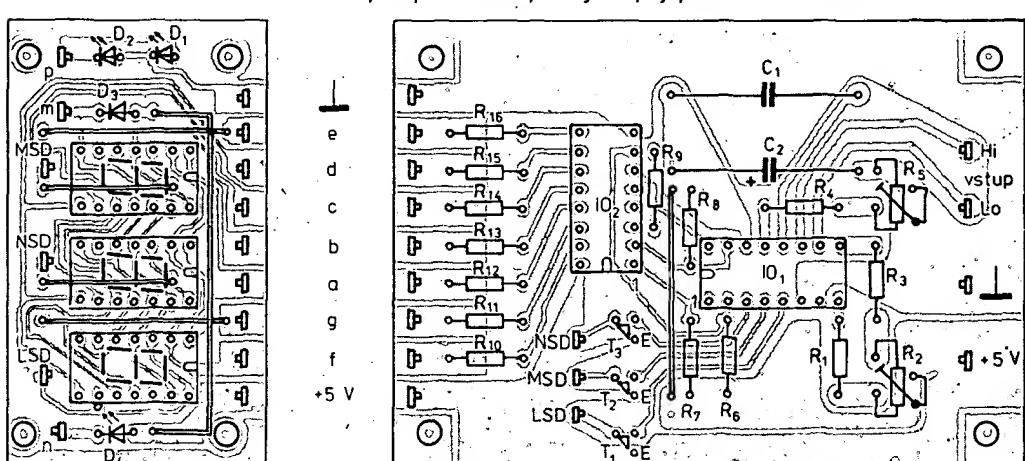
Obr. 229. Schéma číslicového panelového měřidla



Obr. 230. Obrazec desek s plošnými spoji T205 panelového měřidla



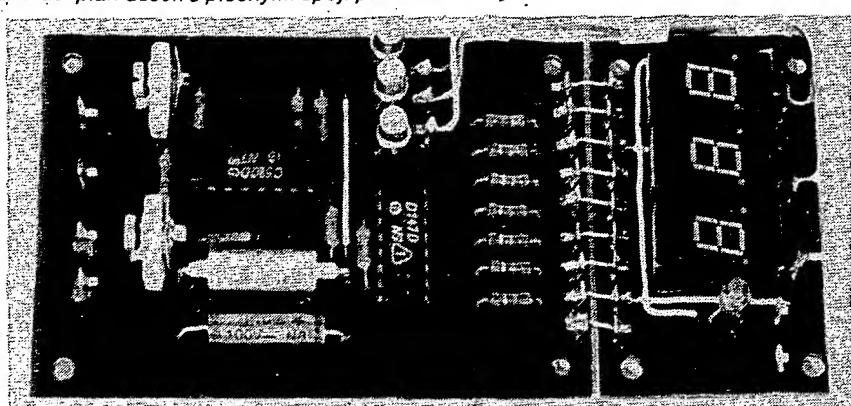
Obr. 231. Vrtací předpis desek s plošnými spoji panelového měřidla



Obr. 232. Osazovací plán desek s plošnými spoji panelového měřidla

výrobě obě desky spojeny a je použit pouze jednostranně plátovaný materiál. Základní deska A má u jedné strany umístěn přívod napájení a vstupy, u protilehlé strany jsou výstupy pro připojení desky B. Odpovídající vývody desky B jsou k nim umístěny zrcadlově.

Obě desky mají v různých montážní díry. Obrazec plošných spojů je uveden na obr. 230, vrtací předpis na obr. 231 a osazovací plán na obr. 232. Vzhled desek ve zkoušebním zapojení je zřejmý z obr. 233. Vodiče mohou být připojeny přímo do děr v deskách A, B. V takovém případě doporučujeme používat přednostně místo kruhov-



Obr. 233. Číslicové panelové měřidlo – skutečné provedení.

vých děr zářezy do desek. Jinak můžeme improvizovat pájecí body z vzdálych kontaktů konektorů FRB, hrotů vypsaných náplní propisovacích tužek apod. Obvod C520D je umístěn do objímky  $2 \times 8$  vývodů, s odříznutými čely s uchycovacími děrami. Po zkušenostech s používáním displejů typu LQ410 doporučujeme i jejich montáž do objímek. K tomu upravíme 3 ks objímek  $2 \times 7$  vývodů odříznutím vodicích stěn lupénkovou pilkou.

### Zhotovení, nastavení

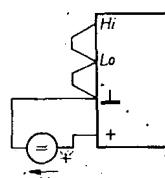
Zhotovujeme-li sami desky s plošnými spoji, vyrábíme desky A i B současně a oddělíme je až po vyvrtání děr. Desky pečlivě zkонтrolujeme a osazujeme podle obr. 232. Nejdříve zapojíme naznačené drátové spojky pod displej neizolovaným vodičem o průměru 0,5 mm, ostatní spojky zhotovíme z izolovaného vodiče stejněho průměru. Osadíme upravené objímky pro IO<sub>1</sub>, O<sub>2</sub> až O<sub>3</sub>, potom zapojíme i ostatní prvky. Rezistory označené ve schématu hvězdičkou pájíme s nezkrávnými přívody – jejich odpor se může při nastavování měnit. Svítivé diody D<sub>1</sub> až D<sub>4</sub> osazujeme jen podle potřeby.

Desky A a B vžájemně propojíme. Podle obr. 234 spojíme svorky Hi, Lo a společnou svorkou ⊥, napájecí přívody připojíme ke zdroji  $U_B$  (5 V – 0,25 V). Trimrem R<sub>2</sub> nastavíme stav 000 na displeji. Nestačí-li k tomu rozsah trimru, měníme odpory rezistorů R<sub>1</sub> a R<sub>3</sub>. Zachováváme při tom součet odporů R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> a R<sub>3</sub> větší než 50 kΩ, jinak se zvětšuje vstupní proud panelového měřidla.

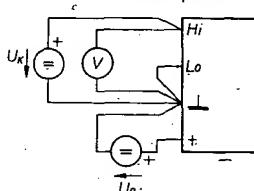
Zapojení pro kalibraci měřidla je na obr. 235. Na vstup je připojen kalibrační voltmetr V a zdroj kalibračního napětí  $U_k$ , asi 900 mV. K základní kalibraci slouží trimr R<sub>5</sub>. Nestačí-li jeho rozsah, měníme odpory rezistorů R<sub>1</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub> může měnit ve značném rozmezí.

Definitivně nastavujeme měřidlo až po jeho zástavbě v ustáleném pracovním režimu. Ke kalibraci doporučujeme použít číslicový voltmetr minimálně třídy přesnosti 0,01 % (4 až 4,5místný). Na vstup přivedeme napětí 0,5 mV; trimr R<sub>2</sub> nastavíme tak, aby displej právě přeblikával mezi údaji 000 a 001. Při nastavení „koncového“ napětí přivádíme napětí 899,5 mV; po nastavení R<sub>5</sub> musí údaj přecházet mezi 899 a 900.

Velikost vstupního proudu ověříme v zapojení podle obr. 236. Obvod měří úbytek napětí na rezistoru R<sub>H</sub>, způsobený průtokem vstupního proudu. Je-li odpor



Obr. 234. Zapojení pro nastavení nuly panelového měřidla



Obr. 235. Zapojení pro kalibraci panelového měřidla

rezistoru 1 MΩ, odpovídá číselný údaj na displeji vstupnímu proudu v nA.

### Poznámky k použití

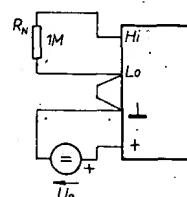
Číslicové panelové měřidlo je široce použitelný funkční blok, jeho zhotovení a nastavení je snadné. Při použití měřidla věnujeme pozornost následujícím zábradlám:

- bereme ohled na vstupní proud měřidla, který je asi 100 nA. To značí, že výstupní odpory předcházejícího obvodu by neměly být větší než 10 kΩ. Požadujeme-li větší vstupní odpory zapojení, můžeme předfudit panelovému měřidlu neinvertující zesilovač s jednotkovým zvětšením podle obr. 237. Pro operační zesilovač však musíme mít zdroj i záporné polarity.
- Dbáme na správné připojení vstupu Lo, který má být malou impedancí spojen se společnou svorkou ⊥. Příkladem je zapojení na obr. 238. Pro obvod C520D je přípustný maximální úbytek na vodičích mezi Lo a společnou svorkou  $\pm 200$  mV.
- Vyuvarujeme se přetížení vstupu měřidla, které by mohlo vést k poškození IO<sub>1</sub>. Panelové měřidlo je určeno pro zástavbu a proto nemá na vstupu žádné ochranné obvody.

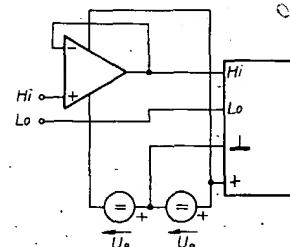
### Seznam součástek

Rezistory (typ. TR 213, tolerance 10 %)

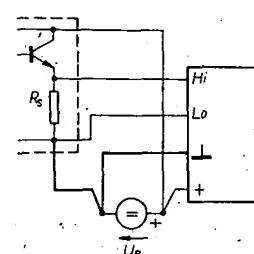
R <sub>1</sub> , R <sub>3</sub>	27 kΩ, viz text
R <sub>4</sub>	22 kΩ, viz text
R <sub>6</sub> až R <sub>9</sub>	10 kΩ
R <sub>10</sub> až R <sub>16</sub>	120 Ω



Obr. 236. Zapojení pro měření vstupního proudu panelového měřidla



Obr. 237. Zapojení ke zvětšení vstupního odporu panelového měřidla



Obr. 238. Příklad zapojení panelového měřidla v obvodu

### Odporové trimry (typ TP 011)

R <sub>2</sub>	10 kΩ
R <sub>5</sub>	4,7 kΩ

### Kondenzátory

C <sub>1</sub>	330 nF, TC 279, TC 215, viz text
C <sub>2</sub>	100 μF, TE 981

### Polovalodičové součástky

T <sub>1</sub> , T <sub>2</sub> , T <sub>3</sub>	BC178, KSY82, viz text
IO <sub>1</sub>	C520D
IO <sub>2</sub>	D147C

O <sub>1</sub> , O <sub>2</sub> , O <sub>3</sub>	LQ410
--	-------

### Dodatek

#### Měřicí přístroje pro školní výuku a zájmové technickou činnost z k. p. TESLA Brno

K. p. TESLA Brno novými výrobky navazuje na tradici servisních a školních přístrojů řady M a řady BM 300. Inzertní rubrika „Koupím“ nás dodnes přesvědčuje i o oblibě vysokofrekvenčního generátoru BM 368, měřiče LC BM 366, nízko frekvenčního generátoru BM 365, osciloskopu BM 370 i dalších.

Výrobce reaguje na současný stav trhu a současně novými měřicími přístroji zabezpečuje dodávky do tržních fondů podle vládního usnesení 151/82. V letech 83/84 přišlo postupně do výroby prvních pět typů z řady tzv. školních měřicích přístrojů:

- BK 121, logická sonda,
- BK 124, generátor RC,
- BK 125, stabilizovaný zdroj 5 V;  $\pm 15$  V,
- BK 126, stabilizovaný zdroj 5 V;  $\pm 12$  V,
- BK 127, stabilizovaný zdroj 0 až 20 V.

Přístroje jsou z hlediska parametrů a bezpečnostních předpisů optimalizovány pro použití ve školách, institucích zabývajících se branně technickou výchovou mládeže, i pro zájemce z řad jednotlivců. Distribuční se v ČSSR zabývá síť prodejen TESLA ELTOS.

Pro zajímavost několik údajů o maloobchodních cenových relacích mezi novými typy a podobnými, dosud dostupnými přístroji (bez záruky):

Logická sonda BM 544	1850,-*
Školní logická sonda BK 121	590,-
Generátor RC BM 354	7520,-
Školní generátor RC BK 124	1440,-
Stabilizovaný zdroj BM 554	5700,-
Školní stabilizovaný zdroj BK 127	1570,-

\* Maloobchodní ceny nejsou stanoveny, nevýrobním socialistickým organizacím (školským, zájmovým, ...) jsou připočteny daňové přírůstky přesahující v souhrnu 100 % velkoobchodní ceny (VC). Uvedené orientační položky byly vztyčeny jako dvojnásobek VC přístrojů.

Není záměrem autorů vzbudit dojem, že ceny všech nových výrobků jsou právě vyvážené a zejména z hlediska mladých zájemců vždy přijatelné. Svou roli zde ovšem hraje složitá kalkulace nových druhů výrobků a také malá informovanost veřejnosti o tvorbě cen.

Častým jevem bývá, že čtenář seče maloobchodní ceny použitých součástek podle schématu a zjištěnou částku bere jako kritérium pro posuzování cen přístroje. Musíme si uvědomit, že celkové materiálové náklady (tedy nejen cena elektrických součástek) tvoří u elektronických měřicích přístrojů běžně pouze třetinu a méně z celkových nákladů. Nej-



Obvod  $T_4$ ,  $R_{12}$ ,  $D_7$  chrání sondu před přepolováním napájecího napětí. Tranzistor  $T_4$  bude otevřen pouze při připojení napětí správné polarity. Je saturován a proto úbytek napětí na něm je malý – rádu desítek mV.

### Změřené parametry

Závislost vstupního proudu na vstupním napětí

$U_{vst}$ [V]	$I_{vst}$ [ $\mu$ A]		$U_{vst}$ [V]	$I_{vst}$ [ $\mu$ A]	
	vzorek 1	vzorek 2		vzorek 1	vzorek 2
0,1	-304	-310	1,6	-27	-25
0,2	-286	-290	1,7	0	0
0,3	-260	-270	1,8	10	12
0,4	-250	-252	2,0	48	48
0,5	-230	-235	2,2	84	84
0,6	-212	-215	2,4	123	125
0,7	-192	-195	2,8	160	162
0,8	-175	-178	3,0	230	215
0,9	-156	-158	3,5	318	320
1	-138	-140	4	380	386
1,2	-105	-102	4,5	435	435
1,4	-67	-64	5	485	490

Přes poměrnou jednoduchost zapojení se přístroj vyznačuje velmi dobrými statickými i dynamickými vlastnostmi a jejich stálostí ve specifikovaném rozsahu napájecích napětí a okolní teploty. Logická sonda má srovnatelné parametry s podobnými výrobky ze zahraničí i tuzemské produkce. Jen v ojedinělých případech (při měření na vstupních obvodech s velkou impedancí) je třeba uvážit vliv vstupního proudu sondy ve stavu  $H$  ( $I_{vst} \leq 80 \mu$ A pro  $U_{vst} = +2$  V).

### Nastavovací prvky

Nastavuje se pouze velikost komparačního úrovně  $U_H$  volbou odporu rezistoru  $R_{13}$ . Komparační úroveň  $U_L$  nelze (není nutné) nastavovat. Je zajištěna velikostí úbytků napětí na  $D_1$  až  $D_3$ , na přechodu  $B-E$   $T_1$  a vlastnostmi převodní charakteristiky invertoru  $IO_{11}$ . Pro dosažení specifikované velikosti  $U_L$  (potřebných úbytků) je dioda  $D_1$  germaniová, ostatní křemíkové.

### Změna komparačních úrovní v závislosti na napájecím napětí a teplotě okolí

$U_{cc}$ [V]	Komparační úroveň $U_L$ [V]						Komparační úroveň $U_H$ [V]					
	vzorek 1			vzorek 2			vzorek 1			vzorek 2		
	7 °C	23 °C	38 °C	7 °C	23 °C	38 °C	7 °C	23 °C	38 °C	7 °C	23 °C	38 °C
4,75	0,55	0,56	0,58	0,61	0,63	0,67	2,39	2,32	2,30	2,25	2,25	2,11
5,00	0,53	0,54	0,55	0,60	0,63	0,64	2,35	2,25	2,26	2,18	2,20	2,05
5,25	0,51	0,52	0,53	0,60	0,62	0,62	2,30	2,16	2,24	2,12	2,17	2,01

### Školní generátor BK 124

slouží jako zdroj harmonického signálu v kmitočtovém rozsahu 10 Hz až 1 MHz. Vstupní napětí lze nastavit v rozsahu min. 1 mV až 1 V. Výstupní impedance je 600  $\Omega$ . Generovaný signál má malé nelineární zkreslení (menší než 0,2 %), přístroj můžeme použít i pro práci na jakostních nf zařízeních. Konstrukční řešení, snadná obsluha a optimalizované parametry jej předurčují pro zájmové technickou činnost, laboratoře a dílny škol a školních zařízení.

Vnější provedení je na obr. 4.

Obr. 4. Školní generátor RC BK 124 (na 4. straně obálky)

### Základní technické údaje

**Kmitočtový rozsah:** 10 Hz až 1 MHz v pěti dekadických rozsazích.

**Chyba nastavení kmitočtu v rozsazích 10 Hz až 100 kHz:**

- a) lepší než 15 %,
- b) lepší než 4 Hz.

**Součinitel nelineárního zkreslení v pásmu 100 Hz až 100 kHz:** menší než 0,2 %.

**Největší výstupní napětí (efektivní hodnota):** min. 1 V/600  $\Omega$ .

**Výstupy:** x1; x0,1; x0,01.

**Vnitřní odpor:** asi 600  $\Omega$ .

**Chyba zesilovače:** menší než 2 dB.

**Regulace vstupního napětí plynule:** 0 až -20 dB.

**Doba náplňu:** 10 minut.

**Pracovní teplota okolí:** +5 až +40 °C.

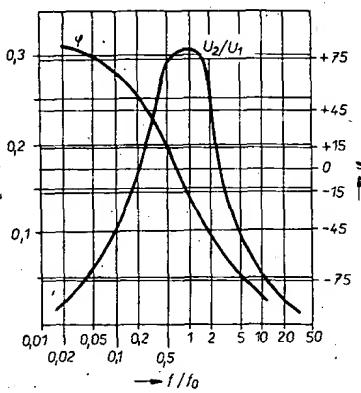
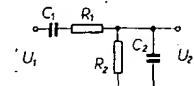
**Napájecí napětí:** 220 V ±10 %.

**Příkon:** max. 10 VA.

firma Hewlett-Packard již v roce 1939. Tónový generátor s Wienovým můstekem podle vlastní koncepce byl prvním přístrojem firmy, kterým začal její úspěšný rozvoj. Na nízkých kmitočtech zatím nelze vytvořit laděný obvod, přeladitelný v důstatečně širokém rozsahu kmitočtů. Proto autor zapojení (Olivieri) použil pro ladění Wienův článek (obr. 5). Tento článek nepřenáší nejnižší kmitočty, brání tomu kondenzátor  $C_1$ . Obdobně je přenos nulový pro vysoké kmitočty, které jsou zkratovány kondenzátorem  $C_2$ . Přenos článku je kmitočtově závislý s maximem na kmitočtu  $\omega = \sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}$ . Obvykle se volí  $R_1 = R_2 = R$  a  $C_1 = C_2 = C$ . Maximální přenos na kmitočtu  $\omega = 1/RC$  je 0,33. Olivieri použil k ladění článku v té době zcela běžné dvojitě otočné kondenzátory. Při maximální kapacitě  $C = 500$  pF lze přepínáním rezistorů od stovek ohmů do desítek M $\Omega$  přeladit článek v celém potřebném rozsahu kmitočtů od jednotek Hz do jednotek MHz. Wienův článek se snadno připojová na vstup elektronkového zesilovače, jehož vstupní odpor byl dostatečně velký a umožňoval proto ladění článku kondenzátorem. Wienův článek sám o sobě však určuje pouze kmitočet, na kterém má generátor kmitat. Dále je třeba určit amplitudu. Ta byla definována odporovým děličem, který Wienův článek doplňuje do můstku. Součinitel přenosu děliče závisí na amplitudě výstupního signálu. Jako součátku, jejíž odpor závisí na velikosti přivedeného signálu, použil Olivieri žárovku. Tím bylo vytvořeno klasické zapojení generátoru  $RC$  s Wienovým můstekem a stabilizací amplitudy kmitů žárovkou. Přes velké množství dalších zapojení a variant generátorů, vytvořených v následujících letech, zůstává klasická koncepce technicko-ekonomickým osvědčilo zapojení se třemi stejnosemenně vázanými tranzistory, které je užito

však postupně stával stále méně dostupnou součástkou. Jeho cena a rozměry by pro školní generátor nebyly únosné. Proto je zvoleno ladění proměnným odporom. Vyhovující průběh stupnice vyžaduje použít potenciometry s logaritmickým průběhem. Nejlepší zaručovaný souběh je 2 dB, proto je u. BK 124 specifikována chyba kmitočtu ±15 %. Výhodou ladění dvojitým potenciometrem je možnost volit součástky tak, že jsou menší požadavky na vstupní odpor zesilovače než při ladění dvojitým kondenzátorem (2 × 500 pF).

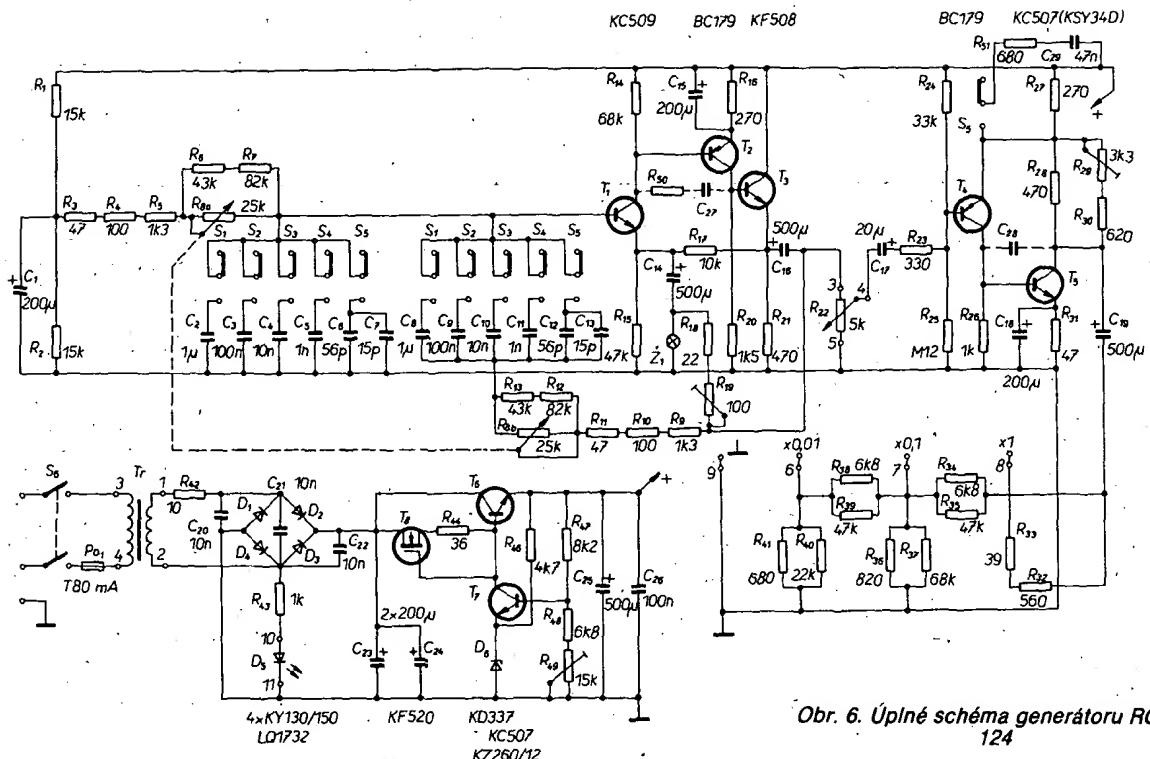
**Zesilovač.** Původně se v generátorech  $RC$  používal dvoustupňový zesilovač se dvěma elektronkami. Měl využívající zesílení, dostatečnou šířku pásma, velký vstupní odpor. Dělič s žárovkou se zapojoval do katodového obvodu. Z mnoha variant tranzistorových zesilovačů se pro kvalitní generátory s malým zkreslením osvědčilo zapojení se třemi stejnosemenně vázanými tranzistory, které je užito



Obr. 5. Zapojení a charakteristika Wienova článku

### Koncepce řešení

Tónový generátor patří v elektronice k nejčastěji používaným přístrojům. Požadujeme, aby generoval harmonický signál nastavitelné velikosti, s dostatečně malým nelineárním zkreslením v širokém rozsahu kmitočtů. Úkol, takový generátor vytvořit, vyřešila vynikajícím způsobem



Obr. 6. Úplné schéma generátoru RC BK 124

v BK-124 ( $T_1$ ,  $T_2$  a  $T_3$  na obr. 6). Zapojení je jednoduché, má silnou zápornou zpětnou vazbu stabilizující pracovní body přes  $R_{17}$ . Volba svazky a kombinace tranzistoru n-p-n a p-n-p optimálně využívá napájecího napětí. Svazka zjednoduší zapojení, zlepšuje stabilizaci pracovních bodů a odstraňuje nežádoucí vzbuzení členy RC. Zapojení děliče  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $C_1$  na zemní stranu Wienova článku umožňuje užit jeden napájecí zdroj, anž by se zmenšil vstupní odpor zesilovače obvody pro předpřetí báze tranzistoru  $T_1$ . Zesilovač tohoto provedení představuje optimum mezi šírkou pásmu (umožňuje realizovat generátor do kmitočtu 1 MHz) a velikostí nelineárního zkreslení. Běžně lze dosáhnout na středních kmitočtech zkreslení řádu setin procenta.

Dále zmenšit nelineární zkreslení by již znamenalo omezit širokopásmovost a komplikovat zapojení. Kromě obvodu stabilizace amplitudy bylo nutno změnit i zapojení zesilovače. Základní nevhodou Wienova můstku při realizaci generátorů s velmi malým nelineárním zkreslením je totiž veškerá soufázová složka (třetina výstupního napětí) generovaného signálu. Pro generátory s velmi malým nelineárním zkreslením (pod 0,01 %) musí být použit zesilovač s velkým potlačením soufázové složky signálu. Pro nízké kmitočty lze takové zesilovače nalézt např. mezi operačními zesilovači. U nás běžně dostupné operační zesilovače však neumožňují vytvořit generátor pro kmitočty do 1 MHz. Proto byla dána přednost zapojení s  $T_1$ ,  $T_2$  a  $T_3$  v obr. 6. Podrobněji jsou z hlediska návrhu a vlastní návrhu zapojení popsány v Amatérském radiu č. 12/1972 a 1/1973 (v článku Horšký, J.: Tónový generátor pro techniku Hi-Fi).

**Stabilizace amplitudy kmitů.** Také otázku stabilizace amplitudy kmitů lze řešit různými způsoby, od nejjednoduššího omezení amplitudy nelinearitou použitého zesilovače až po složitější zpětnovazební

smyčky s operačními usměrňovači, zdroji referenčního napětí, zesilovači regulační odchyly a řízeným prvkem tvoreným fotorezistorem, FET nebo analogovou násobičkou.

Nejprostší řešení s žárovkou bylo zvoleno pro jednoduchost, vyhovující stabilizačním účinky, výhodné dosažitelné nelineární zkreslení (0,05 %), cenu a odolnost proti poškození. Univerzální generátor musí umožnit nastavit amplitudu kmitů v rozsahu alespoň 1 : 1000 (1 mV až 1 V). Toho lze dosáhnout pevným (-20 dB, -40 dB) a proměnným zeslabovačem 0 až -20 dB. Mezi plynulý a skokový zeslabovač je zařazen oddělovací zesilovač s přemovázanou dvojicí tranzistorů  $T_4$  a  $T_5$ , který odděluje zeslabovače, upravuje úroveň signálu a potlačuje vliv záteže na vlastnosti generátoru.

**Spínání bezpečnostních požadavků.** Primární obvod sítového transformátoru je chráněn tavnou pojistkou  $P_0$ . Obvody generátoru jsou spojeny s kostrou přístroje, proto nejsou kladený zvláštní požadavky na transformátor. Jeho izolace mezi primárním a sekundárním vinutím je navržena tak, že vyhovuje zkušebnímu střídavému napětí 2 kV.

U malého transformátoru díky velkému vnitřnímu odporu (odporu vinutí) zkraty v sekundárním obvodu nepřeruší tavnou pojistku na primární straně. Proto se v takovém případě do obvodu zapojuje v sérii se sekundárním vinutím rezistor, který v případě zkratu přehoří nebo omezí zkratový proud tak, aby se transformátor nepřehřál a nepoškodil (připouští se oteplení oproti okoli o 135 °C). Ve zdroji generátoru BK-124 je jím  $R_{42}$ . Ochrana působí jak při poruchových stavech – zkraty usměrňovacích diod, vyhlažovacích kondenzátorů – tak i při zkratu za stabilizátorem. Pro takový případ je do statečně výkonově dimenzován tranzistor  $T_6$ .

Zajímavým prvkem ve zdroji je tranzistor FET ( $T_8$ ). V běžných zapojeních je na této pozici připojen rezistor nebo dva rezistory, uprostřed blokován kondenzátorem proti společné vorce. V našem případě tvoří  $T_6$ ,  $R_{44}$  proudový zdroj, jehož přednosti jsou v tom, že

- zvětšuje zatěžovací odpor zesilovače odchyly stabilizátoru (tranzistoru  $T_7$ ), čímž se zvětší zesílení a zlepšuje stabilizační účinek,
- velký vnitřní odpor proudového zdroje brání pronikání rušení a brumů do obvodu stabilizátoru. Výstupní napětí má proto velmi malé zvlnění a umožňuje dosáhnout velmi malého zkreslení nf signálu.

#### Nastavovací prvky

- $R_3$ ,  $R_4$  a  $R_{11}$ ,  $R_{10}$  – jejich přemostěním se vymezuje kmitočet na horním konci rozsahu,
- $R_6$ ,  $R_7$  a  $R_{13}$ ,  $R_{12}$  – přemostěním možno vymezit rozsah přeladění,
- $R_{19}$  – nastavení záporné vazby – optimalizace stabilizačních účinků (stabilizace amplitudy) a velikosti nelineárního zkreslení,
- $R_{29}$  – nastavení max. výstupního napětí,
- $R_{49}$  – nastavení napájecího napětí.

#### Vlastnosti generátoru

Technické údaje generátoru v instrukční knížce ukazují zaručené údaje, které musí být v souladu s požadavkem GOST 22 261-82 splněny při výrobě alespoň s 20 % rezervou. Typické vlastnosti, různé pro konkrétní výrobky, jsou lepší. Pro bližší poznání vlastnosti přístroje jsou uvedeny některé změřené zajímavější závislosti pro určitý konkrétní generátor BK 124.

#### Vliv napájecího napětí sítě

Přístroj má stabilizovaný zdroj a je v širokém rozmezí necitlivý ke změnám napájecího napětí sítě.

$U$ sítě [V]	160	180	198	220	242
$U$ výst. gen. [V]	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28
$f$ [kHz]	4,673	4,674	4,675	4,676	4,676
Nelin. zkr. [%]	2.	0,48	0,064	0,064	0,064

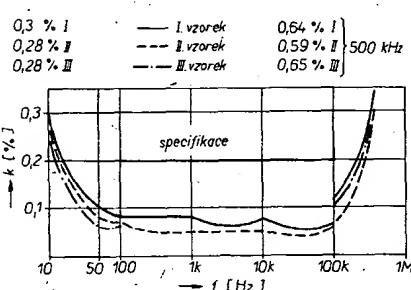
### Ustálení generátoru po zapnutí

Specifikovaná doba náběhu je 10 minut. Vlastnosti signálu po zapnutí se však mění jen velmi málo, pouze se nepatrně zmenšuje nelineární zkreslení.

Doba provozu [minut]	$U_{výst}$ [V]	$f$ [kHz]	Zkreslení [%]
1	1,22	0,980	0,089
3	1,25	0,980	0,088
5	1,24	0,980	0,087
10	1,24	0,980	0,085
60	1,24	0,980	0,082

### Kmitočtová závislost výstupního napětí

Výstupní napětí při přeladění v rámci rozsahu kollsá v rozmezí několika %, na rozsahu 100 kHz až 1 MHz se nastavuje změnou zpětné vazby oddělovacího stupně  $T_4$ ,  $T_5$ . Nelineární zkreslení závisí na nastavení zpětné vazby trimrem  $R_{19}$ . Příklady změněných závislostí pro tři vzorky generátoru jsou na obr. 7.



Obr. 7. Příklad závislosti nelineárního zkreslení na nastaveném kmitočtu pro vzorky BK-124 ukazuje prakticky shodné vlastnosti na nízkých a na vysokých kmitočtech a velkou rezervu ve specifikované oblasti

Nelineární zkreslení na nejnižším kmitočtu 10 Hz je asi 0,3 %. Je určeno vlastnostmi žárovky  $Z_1$ . Se zvyšujícím se kmitočtem se rychle snižuje a pro kmitočty 50 Hz je již menší než 0,1 %. V oblasti kmitočtů 100 Hz až 1000 kHz je mezi 0,04 až 0,09 % (to je čtvrtina až polovina ze specifikované velikosti 0,2 %). Na rozsahu 100 kHz až 1 MHz se znova zvětšuje vlivem vlastnosti použitých zesilovačů. Pro 100 kHz je kolem 0,1 %, pro 500 kHz kolem 0,6 %. Výstupní odpor generátoru je  $600 \Omega$ . Na nejvyšších kmitočtech se zmenšuje o méně než 20 %. Chyba zesilovače, specifikovaná 2 dB, byvá ve skutečnosti menší než 0,5 dB. Plynulé zeslabení (20 dB) lze nastavit s rezervou, regulační pracuje asi do 30 dB.

Stabilita kmitočtu je specifikována  $\pm 2 \cdot 10^{-3}$ /10 minut. Naměřené vlastnosti v referenčních podmínkách ( $U_s = 220$  V,  $t_0 = 23^\circ\text{C}$ , při  $U_{max}$  na zátěži  $600 \Omega$ ) byly za 60 minut (měřeno po 10 minutách) na rozsahu:

do 100 Hz  $\pm 3 \cdot 10^{-4}$ , do 1 kHz  $2 \cdot 10 \cdot 10^{-4}$ , do

10 kHz  $10 \cdot 10^{-4}$ , do 100 kHz  $3 \cdot 10^{-4}$  a do

1 MHz  $4 \cdot 10^{-4}$ .

Snižením teploty okolí na  $5^\circ\text{C}$  nebo zvýšením na  $43^\circ\text{C}$  se změnilo výstupní napětí i nelineární zkreslení zanedbatelně. Změna kmitočtu je menší než opakovatelnost nastavení (chyba čtení stupnice). Na rozsahu 100 kHz až 1 MHz se zvýšil kmitočet asi o 1 % při snížení teploty z  $23$  na  $5^\circ\text{C}$ .

Uvedené vlastnosti dokazují, že generátor má optimální vlastnosti pro běžné používání při jednoduchém a osvědčeném obvodovém řešení, z něhož by měla plynout i velká spolehlivost přístroje.

### Školní stabilizované zdroje BK 125 (126)

Jsou univerzální zdroje pevných napětí  $\pm 5$  V a symetrických napětí  $\pm 15$  V (12 V). Přístroje jsou určeny především k napájení zařízení s operačními zesilovači a číslicovými obvody. Trvale je možno odebírat proudy 1 A z výstupu  $+5$  V a  $0,3$  A (0,4 A) z výstupu  $\pm 15$  V (12 V), špičkové proudy minimálně o 25 % větší. Zdroje jsou vybaveny indikací přetížení, tj. překročení jmenovitého maximálního povoleného odběru jednotlivých zdrojů, nebo zmenšení výstupního napětí při vypnutí elektronické pojistky.

Oba typy přístrojů mají shodné konstrukční i obvodové řešení, liší se jen velikostí symetrických napětí a povoleným odebíraným proudem. Stabilizované zdroje BK 125 a BK 126 splňují požadavky na zdroj bezpečného napětí podle ČSN 35 1560. Vnější vzhled můžeme posoudit z obr. 8.

Obr. 8. Školní stabilizované zdroje BK 125 a BK 126 (na 4. straně obálky)

### Základní technické údaje

Výstupní napětí I:

BK 125 BK 126  
 $+5 \text{ V} \pm 5\%$

Maximální výstupní proud:

1 A

Omezení proudu elektronickou pojistkou:

asi 2 A

Stabilita výstupního napětí

lepší než  $3 \cdot 10^{-3}$

se změnou sítě  $\pm 10\%$ :

menší než 10 mV

Zvlnění (mezivrcholová velikost):

větší než 1 A

Indikace přetížení při odběru:

$\pm 15 \text{ V}$ ,  $\pm 12 \text{ V}$

Výstupní napětí II:

$\pm 12 \text{ V}$ ,  $0,3 \text{ A}$ ,  $0,4 \text{ A}$

Maximální výstupní proud:

0,3 A, 0,4 A

Omezení výstupního proudu elektronickou pojistkou:

asi 2 A

Stabilita výstupního napětí

lepší než  $3 \cdot 10^{-3}$

se změnou sítě  $\pm 10\%$ :

menší než 10 mV

Zvlnění (mezivrcholová velikost):

0,3 A, 0,4 A

Indikace přetížení při odběru

$\pm 5 \text{ V}$  až  $+40^\circ\text{C}$

Napájecí napětí:

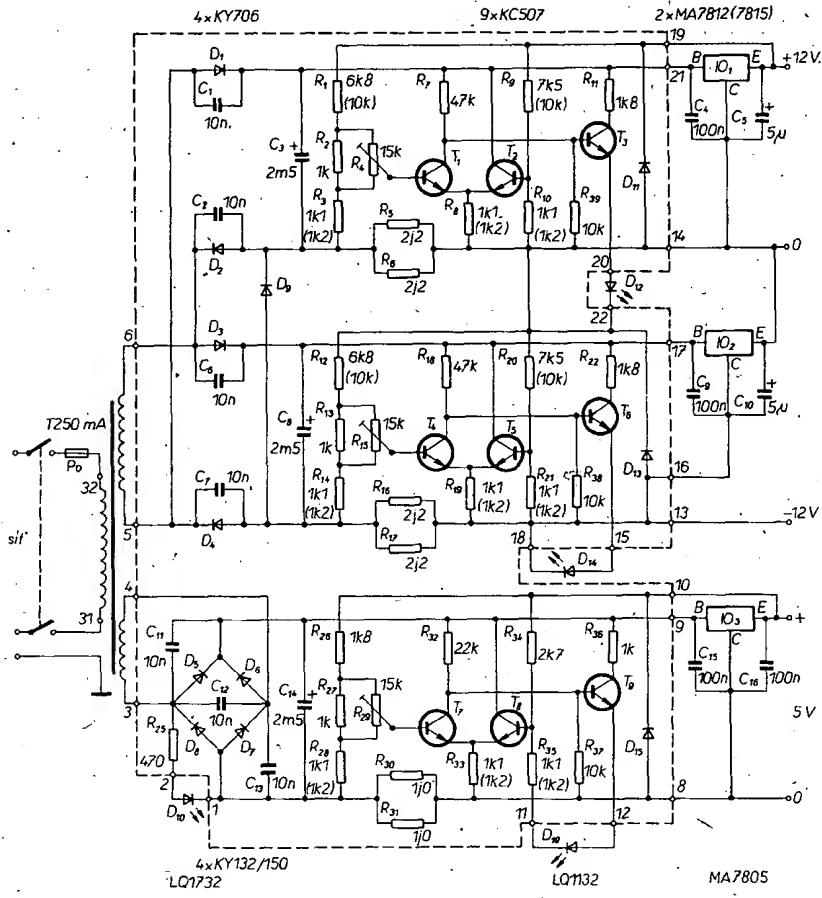
220 V  $\pm 10\%$

Příkon:

max. 60 W

### Koncepce řešení

vychází z uvázení potřeb uživatelů. Předobně jako tomu bylo při vývoji elektronického, kdy se sjednocoval rozsah anodových a žádacích napětí, sledujeme dnes trend sjednocování napájecích napětí u obvodů s aktivními polovodičovými prvky. U lineárních integrovaných obvodů převládá napájecí napětí  $\pm 15$  V, u obvodů číslicové techniky převážně  $+5$  V,  $\pm 12$  V, (příp.  $-5$  V). Často se vyskytne případ, že potřebujeme současně napětí  $+5$  V (pro TTL obvody) i  $\pm 15$  V nebo  $\pm 12$  V pro diskrétní prvky (operační zesilovače, převodníky ...). Jde-li o nenáročná zařízení a experimentální zapojení, je nevhodné používat neprímeře drahé, složité, pro obsluhu málo přehledné kombinované napájecí zdroje proměnných napětí s možností odběru proudů jednotek ampérů. Ani „skládat“ několik jednoduchých zdrojů (např. typu BK 127) není nejvhodnějším řešením, jak z hlediska ekonomického, tak uživatelského – uvažme např. požadavek současně zapnout tři napájecí zdroje. (Postupné zapínání může mít někdy nepříznivý vliv na napájené obvody.) V těchto případech plně využijí malý jednoduchý napájecí zdroj, který má několik pevných výstupních napětí.



Obr. 9. Úplné schéma stabilizovaných zdrojů BK 125 a BK 126

B/1  
85

Amatérské **ADIO**

37

Na vlastnosti takového zdroje nemáme příliš velké nároky. Požadujeme výstupní napětí v toleranci do 5 %, proudy v rozsahu stovky mA až jeden A, indikaci provozního a mimo provozního stavu. Velké nároky máme ovšem na spinění požadavků bezpečnosti.

Výsledkem řešení zdrojů této koncepce jsou přístroje BK 125 a BK 126. Vyznačují se jednoduchým zapojením, použitím monolitických integrovaných stabilizátorů, malými rozdíly a relativně nízkými požadavkami na náklady. Výstup +5 V je povolený odběrem do 1 A vyhoví pro napájení několika desítek pouzder integrovaných obvodů TTL, pro běžné aplikace plně vyhoví max. povolený proud 0,3 A větví  $\pm 15$  V u BK 125 a 0,4 A výstupu  $\pm 12$  V u BK 126.

### Popis zapojení

Celkové schéma přístroje je na obr. 9. Každá ze tří větví obsahuje monolitický integrovaný stabilizátor a obvod indikace překročení povoleného proudu. Obě větve zdroje symetrického napětí jsou napájeny z jediného vinutí síťového transformátoru. Usměrňovače s diodami D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> a D<sub>3</sub>, D<sub>4</sub> oddělují galvanicky vstupní obvody obou větví, avšak usměrňují střídavá napětí jednocestně. K potlačení rušení velkými proudovými impulsy jsou diody přemostěny kondenzátory.

Větve zdroje 5 V je napájena ze samostatného vinutí transformátoru. Kondenzátory C<sub>11</sub> až C<sub>13</sub> omezují rušení vznikající v můstkovém usměrňovači D<sub>5</sub> až D<sub>8</sub>.

Funkce obvodu indikace překročení max. proudu (příklad pro zdroj +5 V): při povoleném odběru vytváří proud na rezistoru R<sub>30</sub> a R<sub>31</sub> malý úbytek napětí, tranzistor T<sub>7</sub> (v rozdílovém zesilovači) je otevřen, T<sub>8</sub> zavřený. Tranzistor T<sub>9</sub> proto nevede, dioda D<sub>16</sub> nešvítí. Zvětší-li se odebíraný proud, nastane stav, kdy vlivem úbytku napětí na R<sub>30</sub>, R<sub>31</sub> se zmenší napětí báze tranzistoru T<sub>7</sub> pod úroveň napětí báze tranzistoru T<sub>8</sub>. Tranzistor T<sub>7</sub> se uzavře, proudem protékajícím přes rezistor R<sub>32</sub> do báze je tranzistor T<sub>9</sub> otevřán a dioda D<sub>16</sub> se rozsvítí.

Zvětšením proudu protékajícího přes snímací rezistory R<sub>30</sub>, R<sub>31</sub> o proud svítivou diodou je dosaženo mírné hysterese obvodu. Přes rezistor R<sub>32</sub> je tranzistor T<sub>9</sub> otevřen v tehdě, vypne-li elektronická pojistka integrovaného obvodu IO<sub>3</sub> a zmenší-li se výstupní napětí. Rozdílové zapojení tranzistoru T<sub>7</sub> a T<sub>8</sub> zajišťuje dobré teplotní vlastnosti obvodu. Integrovaný stabilizátor IO<sub>3</sub> má na svorky připojeny výrobcem doporučené kondenzátory C<sub>15</sub>, C<sub>16</sub>. Dioda D<sub>15</sub> je chráněna proti poškození proudem vnuzeným do výstupních svorek. Činnost obvodů v ostatních větvích je shodná.

### Spinění bezpečnostních požadavků

Síťový transformátor je navržen s izolací vyhovující střídavému zkušebnímu napětí 4 kV mezi primárním a sekundárními vinutími a napětí 2 kV všech vinutí proti jádru. Vůči kostře přístroje musí takovému napětí vyhovět obvody všech zdrojů, tedy včetně izolace integrovaných obvodů od chladičů, řešené zvláštní konstrukcí. Při poruchových stavech (zkraty na usměrňovacích diodách a vyhlazovacích kondenzátořech) se vždy budou přerušit tavná pojistka v primárním obvodu, nebo je

proud sekundárním obvodem tak malý, že se transformátor nadměrně neotevřuje. Zvláštní funkci má dioda D<sub>9</sub>. Bez ní by při zkratu diody D<sub>4</sub> proud protékající přes R<sub>16</sub>, R<sub>17</sub>, D<sub>18</sub>, R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub>; D<sub>2</sub> způsobil přehřátí transformátoru, aniž by se přerušila pojistka Po. V zapojení s diodou však bude proud protékat jen přes D<sub>9</sub> a D<sub>2</sub>, jeho velikost proto postačuje k přerušení pojistky v primárním obvodu.

Vypínací proudy elektronické pojistky integrovaných obvodů řady MA7800 jsou větší než jmenovité max. hodnoty povoleného odběru proudu z výstupu přístroje a proto je možné odebírat ve špičkách i větší proud než je specifikovaný.

Obvody zdrojů symetrického napětí, které jsou napájeny ze společného vinutí transformátoru, můžeme při malém odběru z jedné větve zatížit v druhé větvi i větším proudem, než je povoleno, bude-li spiněno, že:

- součet proudu obou zdrojů nebude větší než součet proudu specifikovaných,
- v „zatíženější“ větvi se nesmí ještě zvětšovat zvlnění, které svědčí o nedostatečném napětí na vstupu stabilizátoru (kontrolujeme osciloskopem). Záleží na skutečné velikosti napětí sítě.

### Nastavovací prvky

Odpovídající trimry R<sub>4</sub>, R<sub>15</sub>, R<sub>29</sub> slouží k nastavení prahu indikace překročení příslušného max. povoleného proudu. Jiné prvky se nenastavují.

### Vlastnosti zdrojů BK 125, BK 126

Parametry, uvedené v technických údajích, charakterizují pouze základní vlastnosti přístrojů. Musí být při výrobě spiněny.

v souladu s GOST 22261-80, nejméně s 20 % rezervou. Skutečné parametry jsou lepší. Příklady některých konkrétně dosažených vlastností si ukážeme dále.

### Stabilizační vlastnosti

Zdroj obvykle provozujeme při napájení síťovým napětím v místnosti, kde teplota kolísá maximálně asi od 18 do 28 °C. Jak se zdroje BK 125 a BK 126 chovají v širším rozmezí napájecího napětí a teploty, je zřejmé z tabulky.

Z tabulky plyne, jak značná rezerva je ve specifikaci přístroje. Specifikace zaručuje parametry pro síťové napětí 220 V  $\pm 10\%$ . Dále je zřejmé, že při zvětšení napájecího napětí o 20 % se parametry prakticky nemění. Změnění napětí sítě o 10 % se neprojeví, 20 % se projeví pouze zvětšením zvlnění. Zvlnění a šum výstupního napětí je o řadu menší, než je specifikováno (spec. 10 mV). Teplotní závislost výstupního napětí je malá. V tabulce se můžeme přesvědčit, že všechny větve stabilizátorů nemají větší teplotní závislost než  $-0,02\%/\text{°C}$ .

Velikost vnitřního odporu je specifikována jako menší než 200 mΩ. U všech větví zdrojů je skutečná velikost v celém rozmezí teplot menší než 50 mΩ. Změna zátěže z nuly na maximálně povolený proud zdroje vyrovná během několika desítek mikrosekund se zákmity několika stovkami milivoltů.

Stabilita výstupního napětí se změnou napětí sítě  $\pm 10\%$  je definována menší než  $3 \cdot 10^{-3}$ . Ve všech větvích zdroje je změněná stabilita lepší než  $1 \cdot 10^{-3}$  ( $0,15^{-3}$  až  $0,8 \cdot 10^{-3}$ ). Časová stabilita je lepší než  $1 \cdot 10^{-3}$  za hodinu (specifikace  $5 \cdot 10^{-3}$  za hodinu).

$U_{\text{st}} [\text{V}]$	$[\text{°C}]$	160	180	200	220	242	Poznámka
+5 V							
$U_{\text{výst}} [\text{V}]$	23	4,324	4,869	4,956	4,956	4,955	BK 125
	5	4,548	4,960	4,966	4,966	4,966	zdroj +5 V
	45	4,486	4,944	4,949	4,949	4,949	$I = 1 \text{ A}$
Zvlnění $U_{\text{mv}} [\text{mV}]$	23	1 200	400	1	1	1	
	5	1 400	600	1	1	1	
	45	1 100	180	1	1	1	
+15 V							
$U_{\text{výst}} [\text{V}]$	23	13,822	15,044	15,044	15,044	15,044	zdroj +15 V
	5	14,222	15,070	15,071	15,072	15,072	$I = 0,3 \text{ A}$
	45	14,466	15,024	15,014	15,014	15,014	
Zvlnění $U_{\text{mv}} [\text{mV}]$	23	1 400	1	1	1	1	
	5	1 600	1	1	1	1	
	45	1 300	1	1	1	1	
-15 V							
$U_{\text{výst}} [\text{V}]$	23	14,012	-15,302	-15,303	-15,303	-15,306	zdroj -15 V
	5	14,431	-15,341	-15,344	-15,344	-15,344	$I = 0,3 \text{ A}$
	45	14,339	-15,326	-15,326	-15,326	-15,328	
Zvlnění $U_{\text{mv}} [\text{mV}]$	23	1 600	4	1	1	1	
	5	1 600	1	1	1	1	
	45	1 500	2	1	1	1	
+12 V							
$U_{\text{výst}} [\text{V}]$	23	12,110	12,285	12,279	12,271	12,266	BK 126
	5	12,091	13,310	12,304	12,304	12,304	zdroj +12 V
	45	12,166	12,249	12,245	12,245	12,247	$I = 0,3 \text{ A}$
Zvlnění $U_{\text{mv}} [\text{mV}]$	23	800	2	1	1	1	
	5	500	1	1	1	1	
	45	500	1	1	1	1	
-12 V							
$U_{\text{výst}} [\text{V}]$	23	-11,963	-12,103	-12,099	-12,091	-12,082	zdroj -12 V
	5	-12,082	-12,157	-12,154	-12,150	-12,142	$I = 0,3 \text{ A}$
	45	-11,975	-12,102	-12,094	-12,088	-12,079	
Zvlnění $U_{\text{mv}} [\text{mV}]$	23	600	2	1	1	1	
	5	400	1	1	1	1	
	45	600	2	1	1	1	

## Školní stabilizovaný zdroj BK 127

je všeobecně použitelný stabilizovaný zdroj napětí nastavitelného v rozsahu 0 až 20 V s možností odběru proudu do 1 A. Plynule nastavitelná ochrana proti přetížení omezuje výstupní proud na předem nastavenou velikost. Nastavené napětí nebo odebírány proud je možno přečíst na vestavěném měřidle. Přístroj se vyznačuje jednoduchou obsluhou – na čelním panelu jsou pouze následující ovládací prvky – sítový-spínač, potenciometr pro nastavení výstupního napětí, potenciometr k nastavení max. výstupního proudu a přepínač funkcí měřidla „proud – napětí“. Ke snadné obsluze přispívá i přehledné a dostačně jemné členění stupnice měřidla. Stabilizovaný zdroj BK 127 splňuje požadavky na zdroj bezpečného napětí podle ČSN 35 1560. Vzhled přístroje můžeme posoudit z obr. 10.

Obr. 10. Školní stabilizovaný zdroj BK 127 (na 4. straně obálky)

### Základní technické údaje

Výstupní napětí: 0 až 20 V.

Výstupní proud: 0 až 1 A.

Omezení výstupního proudu elektronickou pojistkou: nastavitelné, 100 mA až 1 A, funkce pojistky indikována svítivou diodou.

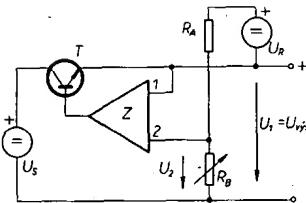
#### Stabilita výstupního napětí

- se změnou sítě  $\pm 10\%$ : lepší než  $\pm 0,15\%$ ,
- se změnou výstupního proudu z 0 na 1 A: lepší než  $\pm 0,15\% + 20\text{ mV}$ ,
- se změnou teploty: lepší než  $\pm 0,25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

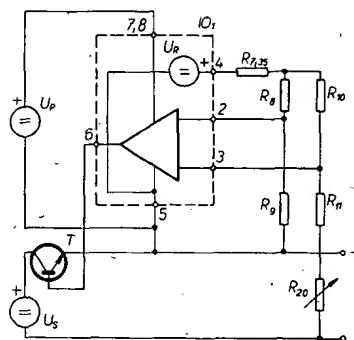
Stability jsou definovány po 30 minutách provozu, přístroj však může být použit ihned po zapnutí.

Zvlnění a šum: menší než 10 mV v pásmu 10 Hz až 10 MHz.

Max. napětí výstupních svorek proti kostře: 42 V.



Obr. 11. Princip činnosti stabilizátoru napětí použitého ve stabilizovaném zdroji BK 127



Obr. 12. Zjednodušené zapojení stabilizátoru zdroje BK 127

Chyba měření napětí a proudu: lepší než  $\pm 3\%$  z plné výkylky ručky měřidla.

Pracovní teplota okolí:  $+5$  až  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Napájecí napětí:  $220 \pm 10\%$ .

Příkon: max. 60 VA.

Rozměry, hmotnost:  $175 \times 90 \times 190$ ; asi 3 kg.

Poznámka: Při výstupních napětích do 8 V a zejména při práci s teplotami okolí blízkým povolené horní mezi ( $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) se doporučuje nevyužívat max. odběr 1 A, ale redukovat jej o 50 %. Kritériem k omezení je provozní teplota přístroje. Pokud teplota chladiče na zadním panelu přístroje nebude vyšší než  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$  (zjednodušený test – na chladiči lze ještě udržet dlaní) a zajistíme-li účinné ochlazování nebo není-li zátěž trvalá, nemusíme omezení respektovat.

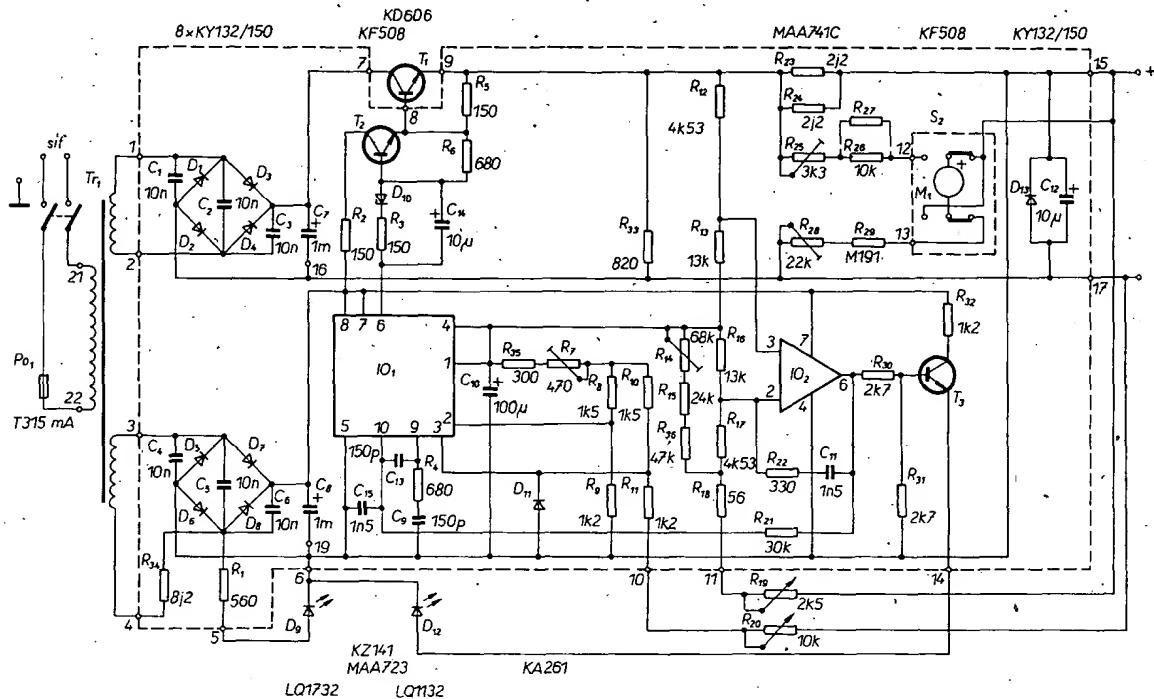
### Koncepce řešení

Univerzální regulovatelný zdroj patří bezesporu mezi nejpožívanější přístroje laboratoří a dílen. Při jeho návrhu musíme vycházet z předpokládaného použití a podle toho optimalizovat parametry přístroje, obvodové i konstrukční řešení. S nástupem polovodičových prvků se u řady obvodů a zařízení s jedním napájecím napětím ustálila jeho velikost převážně v rozmezí 1,2 až 15 V. Např. napájecí napětí 1,2 V se používá v digitálních hodinkách, až 4,5 V v kapesních kalkuláto- rech, do 12 V bývá napájení přenosných přijímačů, magnetofonů, případně televizních přijímačů. Napětí 15 V se používá v zařízeních napájených ze sítě s kombinací diskrétních a integrovaných polovodičových prvků. Ve stejném rozsahu proto leží i požadavky na napájení nejrůznějších experimentálních zapojení.

Pro převážnou část potřeb vyhoví zdroj, který pokrýve uvedené rozsahy napětí a umožní odběr proudu až do velikosti 1 A. Při použití ve školách a zájmových organizačích musíme v první řadě přihlédnout k otázce bezpečnosti přístroje. Je-li výrobek určen pro práci s mládeží (a nejen s mládeží!), měli bychom zásadně používat průmyslové výrobky se zaručenou bezpečností a navíc je podrobovat i periodickým kontrolám.

Z výše uvedených důvodů a s ohledem na zvláštnosti výchovného procesu jsme stanovili následující požadavky:

- zdroj bezpečného napětí podle ČSN 35 1560,
- výstupní napětí menší než 24 V, (větší napětí pro práci s dětmi nepovažujeme za vhodné),
- plynulá regulace výstupního napětí od nuly,
- plynule nastavitelná elektronická pojistka typu „proudové omezení“ s indikací funkce,



- možnost snadno měřit výstupní napětí a odebírány proud,
- jednoduchá obsluha, zvláštní důraz na ergonomii a estetiku,
- optimalizace provedení, parametrů a ceny.

Zvolený rozsah výstupního napětí 0 až 20 V má výhodu v tom, že pokryje většinu běžných potřeb a navíc lze dostatečně přesně číst výstupní napětí na stupnici měřidla, pro regulaci využívá vrstvový potenciometr a není proto nutné používat drahý speciální potenciometr nebo z hlediska obsluhy nepohodlnou kombinaci přepínač + potenciometr (nastavení hrubé a jemné).

Zdroj má minimum ovládacích prvků (obr. 10):

- potenciometry k nastavení výstupního napětí,
- potenciometry k nastavení omezení výstupního proudu,
- tlačítko přepínače funkce měřidla „proud – napětí“,
- tlačítko síťového spínače.

Indikační prvky jsou:

- měřidlo,
- signálka indikující proudové omezení,
- signálka indikující provozní stav zdroje.

### Popis zdroje

Princip obvodu stabilizátoru napětí je zřejmý z obr. 11. Zapojení se skládá ze zdroje referenčního napětí  $U_R$ , děliče  $R_A$ ,  $R_B$ ; zesilovače odchylky  $Z$  a regulačního člena (tranzistoru  $T_1$ ). Na vstup obvodu je přiváděno z napájecího neustabilizovaného napětí  $U_S$ . Stabilizátor udržuje konstantní velikost výstupního napětí  $U_{výst}$ , nastaveného potenciometrem  $R_B$ . Regulační smyčka pracuje tak, že je zápornou zpětnou vazbou neustále udržováno nulové rozdílové napětí na vstupech 1, 2 zesilovače odchylky, tzn. musí platit

$$U_2 - U_1 = 0$$

Vyjádříme  $U_2$  jako napětí na děliči  $R_A$ ,  $R_B$

$$U_2 = \frac{R_B}{R_A + R_B} (U_R + U_{výst})$$

Z obr. 11. vidíme, že platí

$$U_1 = U_{výst}$$

Dosazením druhého a třetího vztahu do výchozí rovnice dostaneme

$$\frac{R_B}{R_A + R_B} (U_R + U_{výst}) - U_{výst} = 0$$

$$\text{a po úpravě } U_{výst} = \frac{R_B}{R_A} U_R$$

Z výsledku vyplývá, že výstupní napětí je přímo úměrné velikosti odporu potenciometru  $R_B$ . Tzn., že lineárním potenciometrem budeme lineárně (rovnoměrně) měnit výstupní napětí. Velikosti  $R_A$  můžeme nastavovat maximální výstupní napětí zdroje.

Jako zesilovač odchylky i zdroj referenčního napětí je použit integrovaný obvod MAA723. Zjednodušené schéma je na obr. 12. IO<sub>1</sub> je napájen z pomocného zdroje napětí  $U_p$ . Protože vstupy zesilovače IO<sub>1</sub> nemohou být připojeny přímo na potenciál kladné výstupní svorky (tj. vzhledem k jeho napájecímu napětí  $U_p$  na nulový potenciál), jsou použity dva shod-

né děliče  $R_8$ ,  $R_9$  a  $R_{10}$ ,  $R_{11}$ . Tím je zaručeno, že napětí na vstupech 2, 3 integrovaného obvodu IO<sub>1</sub> jsou vůči vývodu 5 větší než minimálně potřebné 2 V. Označení prvků odpovídá celkovému schématu – viz obr. 13.

Zdrojem  $U_S$  je můstkový usměrňovač D<sub>1</sub> až D<sub>4</sub>, připojený k vinutí 1–2 transformátoru Tr<sub>1</sub>. Kondenzátory C<sub>1</sub> až C<sub>3</sub> potlačují rušení vznikající na usměrňovacích diodách. Zdrojem  $U_p$  je stejně zapojení – usměrňovač D<sub>5</sub> až D<sub>8</sub> připojený k vinutí 3–4 transformátoru.

Za pozornost stojí splnění bezpečnostních parametrů. Vysoké nároky jsou kladený na samotný transformátor. Izolace mezi primárním a sekundárním vinutím musí vyhovět střídavému zkušebnímu napětí 4 kV, všechna vinutí proti jádru napětí 2 kV. Při poruchových stavech v obvodu usměrňovače D<sub>1</sub> až D<sub>4</sub> (zkrat jedné z diod, zkrat C<sub>7</sub>) se zvětší proud sekundárním a tím i primárním vinutím natolik, že se přeruší tavná pojistka Po<sub>1</sub>. Jinak je tomu u usměrňovače D<sub>5</sub> až D<sub>8</sub>. Vinutí 3–4 je dimenzováno na podstatně menší odběr proudu než vinutí 1–2, je navinuto tenčím vodičem, má větší vnitřní odpor. Při poruchovém stavu se proto dostatečně nezvětší primární proud a Po<sub>1</sub> se nepřeruší. (Volit pojistku pro menší jmenovitý proud nelze, neboť by se přerušila při plném povoleném zatížení zdroje.) Proto je do obvodu zařazen rezistor R<sub>34</sub>. Za běžného provozu je na něm malý úbytek napětí, rozptýlený výkon leží pod max. povolenou velikostí 125 mW (jde o typ TR 212).

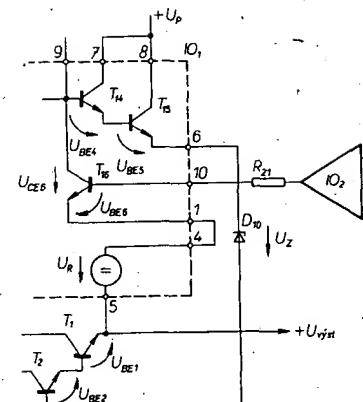
Při poruchovém stavu se proud rezistoru R<sub>34</sub> zvětší, povolené zatížení je podstatně překročeno a proto se rezistor přeruší – přehoří. Tím je naplněna funkce ochrany – nepoškodi se další (podstatně hodnotnější) prvky a obvody, v tomto případě síťový transformátor.

Protože výrobce ovládacích potenciometrů nezaručuje požadovanou elektrickou pevnost 2 kV, musí být tyto prvky uchyceny izolovaně od kostry přístroje. Podobně připevněný regulačního tranzistoru T<sub>1</sub> k chladiči musí splnit protichudné požadavky – schopnost rozptýlit velký ztrátový výkon a přitom tranzistor musí být uchycen k chladiči s izolací využívající zkoušecí napětím 2 kV. Toho je dosaženo použitím speciálních konstrukčních prvků a izolačních himot.

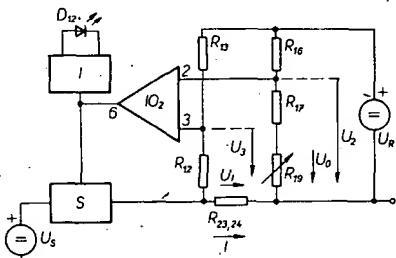
Výkonový tranzistor není řízen přímo z IO<sub>1</sub>, ale pomocí tranzistoru T<sub>2</sub>. Zapojení zmenšuje nebezpečí poškození T<sub>1</sub> i IO<sub>1</sub> a současně zlepšuje tepelné poměry IO<sub>1</sub> (menší ztrátový výkon). Zjednodušené zapojení obvodu proudového omezení je na obr. 14. Principem činnosti je porovnávání napětí  $U_1$ , vzniklého průtokem výstupního proudu  $I$  přes R<sub>23</sub>, R<sub>24</sub>, s nastavitelným napětím  $U_0$ . Pokud bude  $U_1$  menší než  $U_0$ , bude i vstupní napětí  $U_3$  obvodu IO<sub>2</sub> menší než vstupní napětí  $U_2$ , a proto bude na výstupu IO<sub>2</sub> malé napětí. Obvody stabilizátoru S pracují v běžných pracovních podmínkách, svítivá dioda D<sub>12</sub> indikačního obvodu nesvítí.

V okamžiku, kdy se výstupní proud zvětší tak, že  $U_1$  bude větší než  $U_0$ , tedy  $U_3$  větší než  $U_2$ , zvětší se i výstupní napětí IO<sub>2</sub>, stabilizátor přejde do režimu proudového omezení, dioda D<sub>12</sub> se rozsvítí. Výstupní napětí zdroje se zmenší tak, aby obvodem protékal proud, který způsobí, že napětí na obou vstupech IO<sub>2</sub> budou shodná.

Funkci obvodu stabilizátoru v režimu proudového omezení vysvětlíme na obr. 15. Zvětší-li se napětí na výstupu IO<sub>2</sub> nad velikost  $U_R + U_{BE5}$ , tranzistor T<sub>16</sub> se otevře a napětí na vývodu 9 se zmenší. Stejně se zmenší i napětí  $U_6$  na výstupu 6 obvodu IO<sub>1</sub> (je menší o  $U_{BE4} + U_{BE5}$  než na vývodu 9). Protože se však nemůže zmen-



Obr. 14. Zjednodušené zapojení obvodu proudového omezení zdroje BK 127



Obr. 15. Zapojení obvodů proudového omezení a integrovaného obvodu MAA723 ve stabilizovaném zdroji BK 127

šit na méně než  $U_{6\min} = U_R + U_{CE5} - U_{BE4} - U_{BE5}$ , tj.  $U_{6\min} = 7 + 0,3 - 0,65 - 0,65 = 6$  V, je do obvodu zařazena Zenerova dioda D<sub>10</sub>. Zmenší-li se napětí  $U_6$  pod velikost  $U_2 + U_{BE1} + U_{BE2}$ , přestává též proud do bází T<sub>2</sub>; T<sub>2</sub> i T<sub>1</sub> se uzavírají.

Nastavovací prvky – trimr R<sub>25</sub> a rezistor R<sub>27</sub> – jsou určeny pro nastavení proudového a R<sub>28</sub> napěťového rozsahu měřidla. Trimrem R<sub>7</sub> se nastavuje maximální výstupní napětí a R<sub>14</sub>, R<sub>15</sub>, R<sub>36</sub> maximální výstupní proud stabilizovaného zdroje. Odpor R<sub>18</sub> vymezuje minimální nastavitelný proud elektrické pojistiky. Pokud jej vyřadíme nebo zmenšíme, dosáhneme toho, že levý doraz potenciometru bude odpovídat nulovému povolenému výstupnímu proudu. To sice znamená napoprvé poněkud překvapující stav – zdroj může mít ve funkci elektronickou pojistku, aniž by k němu byla připojena zátěž. Výstupní napětí je přitom nulové bez ohledu na polohu potenciometru „nastavení napětí“. Stav je však bezpečně indikován svitem diody D<sub>12</sub>, takže je obsluha upozorněna, že má mírně pootočit potenciometr „nastavení proudu“. Výhodou této úpravy je možnost nastavovat i malé velikosti proudového omezení, např. desítky mA. A také možnost „vypínat a zapínat“ výstupní napětí vždy s nábehem na původně nastavenou velikost prostým pootočením potenciometru „nastavení proudu“.

### Příklad změřených parametrů BK 127

Tak, jako u ostatních přístrojů, uvedeme některé zajímavé údaje, změřené na jednom kusu BK 127. Omezení výstupního proudu (specifikací 100 mA až 1 A) bylo možno nastavit od 25 mA do 1,19 A. Casová stabilita výstupního napětí po dvaceti minutách po zapnutí byla  $2 \cdot 10^{-3} / 20$  minut pro 5 V/1 A. Stabilita výstupního napětí při změnách napětí sítě  $\pm 10\%$  je při max. proudu 1 A a napětí 5 a 20 V 4 až  $6 \cdot 10^{-4}$ . Nestabilita při změně proudu z nuly na 1 A při napětí 20 V, 5 V a 1 V je 10 až 20 mV. Zvlnění a šum výstupního napětí je 6 mV.